Раздел 3

Заземление и защитные меры электробезопасности

3 ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

Глава 1.1 ПУЭ 7-го изд.
п. 1.1.1
п. 1.1.17

Глава 1.3 ПУЭ 7-го изд.
табл. 1.3.31

Глава 1.4 ПУЭ 6-го изд.
п. 1.4.2 ПУЭ

Глава 1.7 ПУЭ 6-го изд.
п. 1.7.49
п. 1.7.79

Глава 1.7 ПУЭ 7-го изд.
табл. 1.7.1 и 1.7.4–1.7.9
п. 1.7.34
п. 1.7.37
п. 1.7.55
п. 1.7.56
п. 1.7.59
п. 1.7.61
п. 1.7.73
п. 1.7.74
п. 1.7.76
п. 1.7.78
п. 1.7.79
пп. 1.7.81–1.7.85
п. 1.7.88
п. 1.7.91
п. 1.7.96
п. 1.7.98
пп. 1.7.101–1.7.104
пп. 1.7.109–1.7.113
пп. 1.7.115–1.7.116
пп. 1.7.119 –1.7.121
пп. 1.7.126–1.7.128
п. 1.7.131
п. 1.7.132
п. 1.7.135
п. 1.7.139
п. 1.7. 145
п. 1.7.159
п. 1.7.160

Глава 2.4 ПУЭ 7-го изд.
табл. 2.4.1
п. 2.4.13
п. 2.4.3
п. 2.4.55

Глава 2.5 ПУЭ 7-го изд.
п. 2.5.129

Глава 3.1 ПУЭ 7-го изд.

Глава 3.4 ПУЭ 6-го изд.
п. 3.4.23

Глава 6.3 ПУЭ 7-го изд.
п. 6.3.37

Глава 7.1 ПУЭ 7-го изд.
п. 7.1.3
п. 7.1.21
пп. 7.1.24–7.1.25
п. 7.1.82
п. 7.1.88

Глава 7.3 ПУЭ 6-го изд.
п. 7.3.100
п. 7.3.137
п. 7.3.139

Глава 7.4 ПУЭ 7-го изд.
п. 7.4.1.1

ГОСТ 464-79
«Заземления для стационарных установок проводной связи, радиорелейных станций, радиотрансляционных узлов и антенн систем коллективного приема телевидения»

ГОСТ 10434-82
«Соединения контактные электрические. Общие технические требования»

ГОСТ 12.2.007.0
«Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»

ГОСТ 30030-93
«Трансформаторы разделительные и безопасные разделительные трансформаторы. Технические требования»

ГОСТ 30331.3-95
«Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током»

ГОСТ 30331.9-95
«Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Применение мер защиты от сверхтоков» п. 473.3.2

ГОСТ Р 50030
«Низковольтная аппаратура распределения и управления»

ГОСТ Р 50043
«Соединительные устройства для низковольтных цепей бытового и аналогичного назначения»

ГОСТ Р 50254-92
«Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания»

ГОСТ 50270-92
«Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ»

ГОСТ Р 50345-99
«Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения»

ГОСТ Р 50571
«Электроустановки зданий»

ГОСТ Р 50571.2-94
«Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики»

ГОСТ Р 50571.3-94
«Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током»
п. 411.1
п. 411.1.2.1
п. 413.1
п. 413.1.3.2
п. 413.1.4.2
п. 413.5

ГОСТ Р 50571.5-94
«Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности и защита от сверхтока»

ГОСТ Р 50571.9-94
«Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Применение мер защиты от сверхтоков»

ГОСТ Р 50571.10-96
«Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж оборудования»
п. 543.1.2
п. 542.1.2
п. 542.4.1

ГОСТ Р 50571.15-97
«Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования»
п. 524.2
п. 525
п. 546.2.1

ГОСТ Р 50571.21-2000, часть 5, раздел 548
«Заземляющие устройства и системы уравнивания электрических потенциалов в электроустановках, содержащих оборудование обработки информации»

ГОСТ Р 50571.22-2000, часть 7, раздел 707
«Заземление оборудования обработки информации»

ГОСТ Р 50571.28-2006, часть 7, раздел 710
«Требования к специальным электроустановкам. Электроустановки медицинских помещений»

ГОСТ Р 50669-94
«Электроснабжение и электробезопасность мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения. Технические требования»
п. 4.2.7

ГОСТ Р 51321.1-2000
«Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1. Устройства, испытанные полностью или частично. Общие технические требования и методы испытаний»
п. 7.4.1.1
табл. 4

ГОСТ Р 51326.1-99
«Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения без встроенной защиты от сверхтоков»

ГОСТ Р 51330.13-99
«Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 14. Электроустановки во взрывоопасных зонах (кроме подземных выработок)»

Стандарт МЭК IEC 1084-1-1991

Стандарт МЭК 60364-4-41
«Электрические установки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Раздел 41. Защита от поражения электрическим током»

Стандарт МЭК 60364-7-702
«Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным установкам и помещениям. Раздел 702: Плавательные бассейны и другие водоемы»

Объемы и нормы испытаний электрооборудования
(СО 34.45-51.300-97), п. 28.2

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей
(ПТЭЭП, 2003), приложение 3

Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок
(РД 153-34.0-20.525-00)

Технический циркуляр от 16.02.2004 Ассоциации «Росэлектромонтаж» № 6/2004
«О выполнении основной системы уравнивания потенциалов на вводе в здание»

«Пособие по выполнению заземления и уравнивания потенциалов оборудования информационных технологий. Меры защиты от электромагнитных воздействий»
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО), 2004 г.

Бессонов Л.А. «Теоретические основы электротехники». – М.: Высшая школа, 1967.



Евгений Марченко,
Электролаборатория
при Краснодарском ГУЭС

Согласно п. 2.7.15 ПТЭЭП (2003 г.), на каждое находящееся в эксплуатации заземляющее устройство должен быть заведен паспорт, содержащий, кроме всего прочего, «данные по напряжению прикосновения (при необходимости)».

Для каких заземляющих устройств необходимо производить измерение напряжения прикосновения?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Измерение напряжения прикосновения производится на территории открытых распределительных устройств напряжением выше 1000 В сетей с эффективно или глухозаземленной нейтралью, которые выполнены с соблюдением требований к напряжению прикосновения (п. 1.7.88 ПУЭ 7-го изд.; п. 1.7.49 ПУЭ 6-го изд.). Условия проведения измерений указаны в п. 1.7.91 ПУЭ 7-го изд.



Ирина Смирнова,
ООО «Электромонтажная компания ТСН»

В общественном здании установлены два ГРЩ (ВРУ), вводные шинопроводы КТА-30 с эквивалентным сечением 1920 мм^2 (сечение PEN-проводника равно сечению фазных проводников). В каждом из помещений ГРЩ располагаются отдельно установленные главные заземляющие шины.

Согласно п. 1.7.119 ПУЭ, сечение ГЗШ должно быть не менее сечения PEN-проводника, а согласно Техническому циркуляру № 6/2004 от 16.02.2004 сечение каждой из отдельно установленных ГЗШ принимается равным половине сечения PE-шины, наибольшей из всех PE-шин. То есть по ПУЭ мы должны выбирать ГЗШ сечением не менее 1920 мм^2, а по циркуляру – 960 мм^2. Все ГЗШ по циркуляру должны быть соединены между собой проводниками сечением, равным сечению меньшей из попарно сопрягаемых шин, а по ПУЭ – равным не менее половины сечения PE-проводника отходящих линий с наибольшим сечением. Как выбирать сечение проводника, соединяющего ГЗШ и PE-шину ГРЩ?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора
Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Выбор сечений (проводимостей) проводников основной системы уравнивания потенциалов следует принимать по Техническому циркуляру от 16.02.2004 № 6/2004, в котором учтены позднейшие рекомендации МЭК. Не требуется принимать сечение отдельно установленной ГЗШ, равным более больше половины сечения PE-шины, наибольшей из всех имеющихся в ГРЩ (ВРУ) здания. Это условие определяется тем, что в любом случае не менее половины тока однофазного короткого замыкания, произошедшего на шинах щита или в цепях, питающихся от него, будет замыкаться по PE-проводнику (или PEN-проводнику) цепи, питающей щит от трансформатора.

Главные заземляющие шины и PE-шины должны соединяться между собой проводниками (магистралью) сечением, равным сечению меньшей из попарно соединяемых шин. Сечение PE-шины в ГРЩ (ВРУ) и соответственно ГЗШ приведено в таблице упомянутого Технического циркуляра.



Олег Брицкий,
ООО «Электросервис»

При проектировании электроснабжения строительной площадки столкнулись с проблемой: на вводе в ГЩВУ стройплощадки выполнено разделение нулей и повторное заземление. А от щита ГЩВУ необходимо подключать силовое оборудование как пятижильными кабелями, так и четырехжильными (например, башенный кран, сварочный аппарат), что противоречит п. 1.7.135 ПУЭ (не допускается объединять PE- и N-проводники после их разделения). Как быть?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Возможны, например, следующие решения:

1) Рассмотрение возможности разделения PE- и N-зажимов вводных устройств электроприемников, предусматривающих четырехжильный ввод, и запитка их пятижильным кабелем. При этом следует иметь в виду, что, если, например, электрическое освещение крана выполнено на напряжении 380 В или отсутствует, для электрооборудования крана не требуется ни N-проводник, ни объединение PE- и N-проводников. Четырехжильный кабель, питающий такой кран, будет состоять из трех фазных проводников и PE-проводника. Ситуация для трехфазных сварочных трансформаторов аналогична.
2) Если питание ГЩВУ выполнено четырехжильным кабелем, а разделение PE- и N-проводников выполнено внутри ГЩВУ путем разделения соответствующих шин, как исключение, может быть предусмотрено соединение шин PE и N ГЩВУ с обеих сторон этих шин. Для электроприемников, требующих пятижильный ввод, PE- и N-проводники кабелей, питающих эти электроприемники, присоединяются к соответствующим шинам ГЩВУ. Для электроприемников, имеющих на вводе PEN зажим, отходящий к ним четырехжильный кабель в ГЩВУ присоединяется к шине PE. Сечение шины PE при этом должно быть рассчитано на протекание по ней суммарного расчетного нулевого рабочего тока таких электроприемников.

Внутри шкафа на его дверце должна быть помещена схема подключений.

Подключаемые к шине PE проводники (PEN-проводники для четырехжильных кабелей и PE-проводники для пятижильных кабелей) должны быть разделены между собой по длине шины PE, например, пятижильные подключены к одной её половине, четырехжильные – к другой.



Федор Лукин,
институт «Нефтегазпроект»

1. Согласно письмам Госгортехнадзора России от 27.07.1995 № 06-9/228 и Главгосэнергонадзора России от 21.07.1995 № 42-6/22-ЭТ, во взрывоопасных зонах до 1000 В с глухозаземленной нейтралью заземление взрывозащищенного электрооборудования присоединением к магистрали заземления не требуется и потенциально опасно. В связи с введением в действие главы 1.7 ПУЭ 7-го изд. необходимо ли присоединение металлической полосой открытых проводящих частей электрооборудования к системе уравнивания потенциалов во взрывоопасных зонах класса В-1а по ПУЭ (класса 2 по ГОСТ Р 51330.9-99) или достаточно присоединить к защитному PE-проводнику питающей линии?

2. Необходима ли защита горизонтальных заземлителей, проложенных в земле, в местах пересечения с кабелями, трубопроводами и дорогами?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора
Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

1. Открытые проводящие части взрывозащищенного электрооборудования класса защиты I по ГОСТ 12.2.007.0-75 должны присоединяться к заземлителю специальным, проложенным совместно с фазными, защитным проводником во взрывоопасных зонах всех классов. Присоединение PE-проводника электроприемников, расположенных во взрывоопасных зонах, должно производиться к выводу, расположенному в закрытой коробке выводов, имеющей необходимый уровень взрывозащиты. Дополнительное присоединение открытых проводящих частей электроприемников к магистрали заземления (магистрали уравнивания потенциалов) не требуется. Нейтральные и нулевые защитные проводники во взрывоопасных зонах должны иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников (п. 7.3.100 ПУЭ 6-го изд.)

2. Пунктами 1.7.109 -1.7.112 ПУЭ 7-го изд. необходимость защиты предусмотрена в случае опасности коррозии заземляющих устройств. Пункт 1.7.56 ПУЭ содержит требование механической прочности заземляющих устройств, что включает в себя выполнение механической защиты, если необходимая прочность не обеспечивается собственной конструкцией элементов заземляющего устройства.

Пункт 542.1.2 ГОСТ Р 50571.10-96 требует обеспечения необходимой прочности или дополнительной механической защиты заземляющих устройств в зависимости от заданных внешних факторов. Если в местах пересечения проложенных в земле горизонтальных заземлителей с кабелями, трубопроводами и дорогами возможны повреждения заземлителей, в т.ч. при выполнении ремонтных работ на указанных коммуникациях, такие заземлители должны быть защищены.



Виктор Костышев,
ГУП МО Мытищинская типография

Можно ли в одном помещении эксплуатировать электроустановки, включенные по TN и TT, и как в данном случае обеспечить безопасность от поражения электрическим током?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)
Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

ПУЭ не содержат запрещения на размещение в одном помещении электроустановок с различным типом заземления. Пункт 1.7.55 главы 1.7. ПУЭ 7-го изд. предусматривает применение, как правило, одного общего заземляющего устройства для территориально сближенных электроустановок разных назначений и напряжений.

Из определений систем TN и TT (п. 7.1.3 ПУЭ) следует, что открытые проводящие части в них должны присоединяться к разным заземлителям: в системе TN – к заземляющему устройству заземления нейтрали трансформатора при помощи нулевого защитного проводника, а в системе TT – к заземлителю, не связанному с нейтралью трансформатора, при помощи защитного заземляющего проводника.

Поскольку при любой системе заземления в электроустановке должно быть выполнено уравнивание потенциалов и поскольку в одном помещении должна быть исключена возможность одновременного прикосновения к проводящим частям, присоединенным к различным, не связанным между собою заземлителям, система уравнивания потенциалов той части электроустановки, открытые проводящие части которой заземлены по системе TT, должна быть надежно изолирована от системы уравнивания потенциалов системы TN, в т.ч. от частей технологического оборудования, коммуникаций, строительных элементов здания. В одном здании такое решение трудно осуществимо.

Из изложенного можно сделать вывод, что электроснабжение разных помещений одного здания по системам TN и TT не только затруднено, но и практически невыполнимо.



Александр Марин,
Институт теплоэнергетики

На объекте установлен ящик с разделительным трансформатором типа ЯТП-0,25 фирмы ИЭК. Инспектор Ростехнадзора утверждает, что невозможно его использовать, т.к. он не соответствует ГОСТ 30030. Данные ЯТП продают во всех электротехнических магазинах, прикладывая сертификат соответствия ГОСТ Р 51321.1-2000. Прав ли инспектор?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Формально соответствие сертификата на ящик ЯТП-0,25 требованиям ГОСТ Р 51321.1-2000 следует считать достаточным, так как п. 7.4.1.1 этого стандарта предусматривает выполнение защиты безопасным сверхнизким напряжением согласно ГОСТ 30331.3-95 / ГОСТ Р 50571.3-94, п. 411.1.2.1 которого в свою очередь в качестве источника питания безопасного сверхнизкого напряжения требует применять безопасный разделительный трансформатор. При этом ссылка на ГОСТ 30030-93 отсутствует, возможно, в связи с тем, что этот ГОСТ к моменту утверждения ГОСТ Р 50571.3-94 еще не был введен в действие и не был доступен потребителям. Уточнение о необходимости соответствия безопасных разделительных трансформаторов требованиям ГОСТ 30030-93 включено в п.1.7.73 ПУЭ 7-го изд.

Следует отметить, что некоторые предприятия-изготовители ящиков ЯТП-0,25, в которые ранее встраивались понижающие трансформаторы, не обеспечивающие защитное электрическое разделение цепей, при переходе на применение безопасных разделительных трансформаторов, соответствующих ГОСТ 30030, изменили тип ящика или добавили к нему

индекс, например, «ВПО «Прогресс ВОС», г. Владимир, что исключает сомнения при выборе ящика.

При наличии сомнений в соответствии трансформатора, встроенного в ящик, требованиям ГОСТ 30030 следует получить соответствующее подтверждение предприятия-изготовителя.

Использование шкафов типа ЯТП-0,25 с трансформатором, не отвечающим требованиям ГОСТ 30030 «Трансформаторы разделительные и безопасные разделительные трансформаторы», недопустимо.



Галина Вебер,
ОАО «Ангарская нефтехимическая компания»

В пп. 3.1.8, 3.1.9 ПУЭ о защите сетей от токов КЗ имеется ссылка на п.1.7.79 6-го изд., касающаяся кратности тока КЗ к току расцепителя аппарата защиты. В ПУЭ 7-го изд., глава 1.7, этот пункт имеет совершенно другую редакцию. Как следует теперь выбирать проводники по условиям защиты от токов КЗ?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Проводники, как было всегда, следует выбирать по расчетному длительному току нагрузки с учетом допустимой потери напряжения.

Защитный аппарат следует выбирать исходя из двух условий:

- защиты проводников от сверхтоков (токов перегрузки и токов короткого замыкания) по условию перегрева и опасности возникновения пожара (глава 3.1 ПУЭ);
- защиты людей (и животных) от поражения электрическим током, в т.ч. при повреждении изоляции в электроустановке и возникновении коротких замыканий (глава 1.7 ПУЭ).

Условия защиты проводников и защиты людей могут не совпадать.

В ПУЭ 6-го изд. граничное значение тока КЗ было принято одинаковым для обоих случаев, равным 3-кратному значению длительного допустимого тока проводника, что в большинстве случаев не обеспечивало условия электробезопасности. Это объясняется тем, что примерно до 80-х годов не только в СССР, но и в мире не было единых достаточно обоснованных норм электробезопасности людей при косвенном прикосновении, основанных на первичных критериях электробезопасности.

Проектом главы 3.1 ПУЭ 7-го изд. требования выбора проводников по условию короткого замыкания приведены в соответствие с ГОСТ Р 50571.5-94 «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности и защита от сверхтока», но эти требования также не являются идентичными требованиям к защите людей от поражения электрическим током, содержащимся в главе 1.7 ПУЭ 7-го изд. и в ГОСТ Р 50571.3-94 «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током».

Поскольку глава 3.1 ПУЭ 7-го изд. до сих пор не введена в действие, условия защиты проводников от токов КЗ следует определять в соответствии с ГОСТ Р 50571.5-94.

Защитные характеристики выбираемого защитно-коммутационного аппарата должны соответствовать более жесткому условию.

Условие обеспечения электробезопасности всегда является приоритетным.



Андрей Чемезов,
«ЭТО»

Правомерно ли требование инспекторов Ростехнадзора при проведении проверки наличия цепи между заземлителями и заземленными элементами (переходное сопротивление контактов):

- **измерять переходное сопротивление на каждой розетке и светильнике;**
- **измерять переходное сопротивление во ВРУ, ОЩ, ЩС между шиной РЕ и местами присоединения каждого РЕ-проводника?**



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Объем проверок электрооборудования в эксплуатации устанавливается на основании положений «Объемов и норм испытаний электрооборудования» (СО 34.45-51.300-97) или «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», приложение 3. Указания о проверке соединений заземлителей с заземляемыми элементами приведены в п. 28.2 первого документа и в пп. 26.1, 28.5 второго. Требования проверки каждого контактного соединения в них отсутствуют. Поэтому эксплуатирующая организация, исходя из опыта эксплуатации и конкретных условий, вправе самостоятельно установить количество контактных соединений, у которых проверяется переходное сопротивление. По нашему мнению, их количество ежегодно должно составлять не менее 2% от общего числа контактных соединений.



Роман Иванов,
«СвязьЭлектромонтаж»

Счетчик энергии и вводный автомат расположены непосредственно на опоре ВЛ. Допускается ли при трехфазном подключении здания к ВЛ выполнить повторное заземление и разделение PEN-проводника во ВРУ внутри здания при наличии заземляющего контура здания? Ответвление от ВЛ – 4 провода: L1, L2, L3, N.



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора
Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

ПУЭ и другие действующие нормативные документы не содержат запрета на разделение PEN-проводни-

ка во ВРУ внутри здания при трехфазном подключении электроустановки здания к ВЛ и при расположении счетчика и защитно-коммутационного аппарата на опоре ВЛ. На вводе ВРУ также должен быть установлен защитно-коммутационный аппарат (пп. 7.1.24, 7.1.25 ПУЭ). Шины N и PE во ВРУ должны быть разделены. PEN-проводник во ВРУ должен быть подключен к шине PE (п. 1.7.135 ПУЭ). На вводе в электроустановку здания при применении системы TN рекомендуется выполнять повторное заземление (п. 1.7.61).

Одновременно должны быть выполнены требования глав ПУЭ 1.3, 1.7, 2.4 и 7.1 к фазным, PEN- и PE-проводникам и способам их прокладки.

В действующих нормативно-технических документах отсутствует также запрет на расположение счетчика и вводного автоматического выключателя непосредственно на опоре, предусмотренное автором вопроса. Однако при этом необходимо учитывать и другие требования нормативных документов. В частности, следует обеспечить условия, соответствующие климатическому исполнению и категории размещения счетчика и вводного автоматического выключателя (аппарата управления перед счетчиком), защиту от несанкционированного доступа к ним. Такое размещение не может быть рекомендуемым, но может быть использовано только как исключение при невозможности или технической нецелесообразности установки счетчика внутри здания.



Константин Арцеулов,
ООО «ПромТехНаладка»

Существует ли документ, обязывающий выполнять (предусматривать) монтаж заземляющего устройства при кабельном вводе в здание? Поясню примером: питание отдельного здания осуществляется от кабельной линии 0,4 кВ. Во ВРУ здания формируется ГЗШ, где находятся PEN (PE)-проводник водного кабеля и отходящие защитные проводники. Здание не имеет трубопроводов отопления, канализации, водоснабжения, газоснабжения, вентиляции. Должно ли быть выполнено в данном случае ЗУ рядом со зданием и чем это регламентируется?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора
Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Заземление нулевого защитного (PE) проводника или PEN-проводника на вводе в электроустановку является повторным заземлением. Назначением повторного заземления является понижение напряжения прикосновения при повреждении изоляции в электроустановке и/или при обрыве нулевого рабочего (N) проводника или PEN-проводника.

Система уравнивания потенциалов, выполняемая присоединением к ГЗШ всех открытых проводящих частей, как указано в примере, понижает разность потенциалов между отдельными проводящими частями, доступными одновременному прикосновению, за счет соединения их между собой проводниками с низкой проводимостью, но не снижает их потенциала относительно земли, если отсутствует повторное заземление.

Т.е. в этом случае при повреждении изоляции в электроустановке, если сечения нулевых защитных проводников, в т.ч. питающей линии, равны сечению фазных, от момента возникновения повреждения до срабатывания защитного аппарата корпуса всех электроприемников будут находиться под напряжением, равным половине фазного напряжения, а при обрыве нулевого рабочего проводника напряжение может достигать значения линейного напряжения (независимо от сечений проводников). Разность потенциалов между отдельными корпусами определяется сопротивлением соответствующих PE-проводников. При выполнении повторного заземления значение напряжения относительно земли на корпусах понижается пропорционально отношению сопротивления повторного заземления к сопротивлению заземляющего устройства источника питания.

Выполнение повторного заземления предусмотрено п. 1.7.61 главы 1.7 ПУЭ в рекомендательном виде, но рекомендательный характер в основном относится к случаю, когда отсутствуют сторонние проводящие части, которые при присоединении их к основной системе уравнивания потенциалов (ГЗШ) выполняют функции естественных заземлителей, например железобетонный фундамент.

В приведенном примере повторное заземление можно считать необязательным, если выполняется одно из двух условий:

- время отключения любой поврежденной цепи в здании не превышает 0,4 с для помещений без повышенной опасности и 0,2 с для помещений с повышенной опасностью. Дополнительно желательно установить устройство защиты от перенапряжений при обрыве нулевого рабочего проводника;
- здание имеет железобетонные фундаменты, арматура которых присоединена к основной системе уравнивания потенциалов.



Валентина Тумашова,
ОАО «МРУ»

Пункт 1.7.98 ПУЭ гласит: «Вокруг площадки, занимаемой подстанцией, на глубине 0,5 м и на расстоянии не более 1 м от края фундамента должен быть проложен замкнутый горизонтальный проводник (контур), присоединенный к заземляющему устройству». Т.о. выходит, что на всех подстанциях 10(6)/0,4 кВ, где трансформатор со схемой «звезда–звезда–ноль», делается дополнительный контур заземления? С какой целью?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Замкнутый проводник в соответствии с п. 1.7.98 ПУЭ должен быть проложен вокруг подстанций наружной установки для выравнивания потенциалов в земле на участке, прилегающем к подстанции. Этот

проводник должен иметь связь с другими электродами заземлителя подстанции и является его составной частью, а не является дополнительным.

Сопротивление растеканию горизонтального проводника отдельно не определяется, но участвует в обеспечении нормированного значения общего сопротивления заземляющего устройства подстанции.



Сергей Коваленко,
Телеком-сервис

Можно ли осуществлять электропитание разветвленной нагрузки через разделительный трансформатор при условии, что корпуса всех электроприемников присоединены к обособленному заземляющему устройству, не имеющему гальванической связи с заземляющими устройствами других систем?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Питание от разделительного трансформатора применяется в том случае, когда для защиты людей от поражения электрическим током при косвенном прикосновении (при повреждении изоляции в электроустановке) принята мера защиты, называемая «защитное электрическое разделение цепей». Эта защитная мера применяется для того, чтобы исключить протекание опасного тока по телу человека при его прикосновении к корпусу электроприемника с поврежденной изоляцией. Полностью требования к выполнению этой меры защиты приведены в п. 1.7.85 ПУЭ и в п.413.5 ГОСТ Р 50571.3-94 «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током». Некоторые требования приведены ниже.

Открытые проводящие части цепей, питающихся от разделительного трансформатора, в т.ч. корпуса электроприемников, не должны иметь соединений с землей, с открытыми проводящими частями других цепей, включая металлический корпус источника питания, и с защитными проводниками других цепей.

Как правило, защитное электрическое разделение цепей применяется при питании от разделительного трансформатора одного электроприемника, т.к. в разветвленной цепи возрастает вероятность непредусмотренных контактов с указанными частями, имеющими потенциал земли, и вследствие этого вероятность повреждения изоляции и поражения людей электрическим током.

Допускается применение защитного электрического разделения цепей для питания более одного электроприемника (максимальное количество электроприемников не нормировано, но в любом случае оно должно быть весьма ограниченным) при выполнении дополнительных требований, также предусмотренных п. 1.7.85 ПУЭ и ГОСТ Р 50571.3:

- все корпуса электроприемников, питающихся от одного разделительного трансформатора, должны быть соединены между собой проводником уравнивания потенциалов, не имеющим соединения с землей (местная незаземленная система уравнивания потенциалов), с PE-проводниками других цепей и открытыми проводящими частями других цепей;
- если присоединение электроприемников выполняется при помощи штепсельных соединителей, все штепсельные розетки должны иметь защитный контакт, присоединенный к местной незаземленной системе уравнивания потенциалов;
- все гибкие кабели, за исключением питающих оборудование класса II, должны иметь защитный проводник, используемый в качестве проводника местной незаземленной системы уравнивания потенциалов;
- должны быть предусмотрены меры от механических и других повреждений проводников цепей, питающихся от разделительного трансформатора.

Стандарт МЭК 60364-4-41 «Электрические установки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 41. Защита от поражения электрическим током» содержит рекомендации предусматривать общую длину всех цепей, питающихся от одного разделительного трансформатора, не более 500 м, а произведение общей длины цепей на номинальное напряжение – не превышающим число 100000. Эти рекомендации не включены в главу 1.7 ПУЭ и в ГОСТ Р 50571, однако их соблюдение улучшает условия электробезопасности.

При двойном повреждении изоляции разных фаз в любом случае должно быть выполнено автоматическое отключение питания с соблюдением времени отключения в соответствии с таблицей 1.7.1 ПУЭ.

В случае, когда корпуса электроприемников заземлены, как указано в вопросе, защитное электрическое разделение цепей не обеспечивается и разделительный трансформатор используется как трансформатор с изолированной нейтралью. При этом для цепей, питающихся от этого трансформатора, должны быть выполнены требования к системе IT в соответствии с п. 1.7.81 ПУЭ.

Применение системы IT для ограниченного количества электроприемников в электроустановке, в которой остальные электроприемники питаются от трансформатора с глухозаземленной нейтралью (система TN), возможно при соблюдении одного из следующих условий:

- обе системы (IT и TN) имеют одно общее заземляющее устройство или
- исключена возможность прикосновения к открытым и/или сторонним проводящим частям, присоединенным к обособленному заземляющему устройству системы IT, и одновременно – к открытым и/или сторонним проводящим частям, соединенным с заземляющим устройством системы TN.



Константин Пидцан,
ООО «ПромТехНаладка»

Возможен следующий режим работы электрической сети: трехфазному потребителю (в системе TN-S) подается симметричная система напряжений, задаваемая генератором (трансформатором). Сопротивления в фазах данного

потребителя следующие: фаза А – емкость, В – индуктивность, С – активное сопротивление. Сопротивления всех трех фаз равны. В данном случае в PEN(N)-проводнике будет протекать суммарный ток трех фаз, который будет больше примерно в 2,5 раза любого фазного тока.

Каким образом данный факт учитывается при выборе сечения PEN(N)-проводника (в НД его сечение для однофазной нагрузки в системе TN должно быть равным сечению фазного проводника, а не более его)? Каким образом данный факт учитывается промышленностью, выпускающей кабельную продукцию (в продаже отсутствуют кабели с сечением PEN(N)-проводника более сечения фазного проводника)?



__Людмила Казанцева,__
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Следует иметь в виду, что значение тока в нулевом рабочем проводнике зависит от порядка чередования фаз, к которым подключены емкость и индуктивность, а также от соотношения значений токов разных фаз. Для приведенного примера при равенстве токов всех трех фаз, в зависимости от того, к каким именно фазам подключены емкость и индуктивность (соответственно фаза А и фаза В или наоборот), ток в нулевом рабочем N(PEN)-проводнике может составлять 2,7 фазного тока или 0,7 фазного тока. Указанные значения справедливы при равенстве токов всех трех фаз. При определенном отношении активного тока к сумме реактивных токов ток N-проводника становится равным нулю. Подробное рассмотрение вопроса с приведением примеров имеется, например, в книге Л.А. Бессонова «Теоретические основы электротехники» (Москва, изд-во «Высшая школа», 1967, С. 92, п. 137 «Звезда–звезда с нулевым проводом»).

Поэтому оптимальным решением при выборе сечения кабеля является такое пофазное подключение активной, индуктивной и емкостной составляющих нагрузки, которое обеспечивает протекание минимального тока по N-проводнику.

Приведенный пример является специальным случаем. Стандартной номенклатурой кабельных изделий не предусматривается исполнение кабелей с сечением нулевого рабочего проводника, превышающим сечение фазных проводников.

При невозможности переключения фаз емкостной и индуктивной составляющих должен быть предусмотрен кабель, имеющий сечение всех жил, равное требуемому сечению N-проводника. Также параллельно N-проводнику может быть проложен одножильный кабель (провод) недостающего сечения либо могут быть использованы четыре одножильных кабеля или провода с требуемым сечением N-проводника, превышающим сечение фазных проводников. В двух последних случаях одножильный кабель (провод), используемый в качестве N-проводника, должен быть проложен в непосредственной близости к фазным проводникам и сбандажирован с ними. Все одножильные кабели (провода) не должны иметь индивидуальных оболочек, брони, экранов и др. покрытий из ферромагнитных материалов.



__Галина Степанова,__
ООО «Архитектурная мастерская «Модулор»

Проектируемый объект общественного назначения – трехэтажная пристройка к существующему жилому дому, построенному в 60-х годах прошлого столетия. Ввод водопровода в проектируемый объект принят от существующих сетей жилого дома. Ввод теплосети, канализации и других инженерных коммуникаций предусмотрен от наружных сетей. Металлоконструкции проектируемой пристройки не имеют металлической связи с жилым домом.

Как в этом случае выполнять на вводе в проектируемую вставку уравнивание потенциалов?



__Александр Шалыгин,__
начальник ИКЦ Московского института энергобезопасности и энергосбережения
__Валерий Хейн,__
АК «Росэлектромонтаж»

В этом случае при выполнении основной системы уравнивания потенциалов необходимо предусмотреть изолирующую вставку на водопроводной трубе. Присоединение водопровода к главной заземляющей шине выполняется со стороны пристройки к основному зданию. В остальном следует руководствоваться общими указаниями ПУЭ и Технического циркуляра Ассоциации «Росэлектромонтаж» № 6/2004 от 16.02.2004 «О выполнении основной системы уравнивания потенциалов на вводе в здание».



__Вячеслав Малькович,__
ООО «ЮНИОС»

Согласно п. 1.7.98 ПУЭ 7-го изд., вокруг трансформаторной подстанции, на расстоянии от фундамента не более 1 м, на глубине 0,5 м прокладывается замкнутый контур заземления, соединяемый с заземляющим устройством. В чем физический смысл дополнительного контура, по мнению авторов ПУЭ?

Во всех типовых проектах ТП спроектированы замкнутые контуры заземляющих устройств. Требуется ли монтаж дополнительного контура или достаточно изменить габариты в соответствии с упомянутым пунктом?



__Виктор Шатров,__
референт Ростехнадзора
__Людмила Казанцева,__
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Замкнутый контур, прокладываемый вокруг трансформаторной подстанции в соответствии со 2-м абзацем п. 1.7.98 ПУЭ, предназначен для выравнивания потенциалов в земле на прилегающей к подстанции территории (для снижения шагового напряжения и напряжения при прикосновении к проводящей оболочке трансформаторной подстанции). Он может быть

использован в качестве единственного заземлителя, если его сопротивление растеканию тока удовлетворяет одновременно двум предъявляемым к заземляющему устройству подстанции требованиям, а именно:

– не превышает значение 250/*I*, где *I* – расчетный ток замыкания на землю на стороне 6(10) кВ в соответствии с п. 1.7.96 ПУЭ;
– не превышает 2, 4 или 8 Ом при номинальном линейном напряжении трансформатора с низкой стороны соответственно 660, 380 или 220 В в соответствии с п. 1.7.101 ПУЭ. При определении сопротивления заземляющего устройства следует учитывать влияние металлических оболочек и брони присоединенных к подстанции кабелей, используемых в качестве естественных заземлителей в соответствии с п. 1.7.109, а также повторных заземлителей ВЛ (если они имеются).

Если сопротивление растеканию замкнутого контура с учетом естественных заземлителей превышает одно или оба значения, определяемые условиями пп. 1.7.96 и 1.7.101, должен быть выполнен дополнительно искусственный заземлитель (заземляющее устройство), к которому и присоединяется замкнутый контур.

В зависимости от конструктивных соображений он (оно) может быть выполнен (о) в виде вертикальных электродов либо еще одного горизонтального контура. Вертикальные электроды должны быть расположены внутри внешнего замкнутого контура.



Игорь Трусов,
ОАО «Новая Эра»

Как рассчитать перемычку между заземлителем и корпусом (PE)? Существуют ли на это требования ГОСТов или СНиПов?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Поскольку в вопросе не указано, какой именно корпус имеется в виду: корпус электроприемника, отдельностоящего мобильного здания или здания жилого, административного, общественного, бытового и т.п. назначения, а также не указан тип системы: TN, IT или TT, ответ дается в предположении, что речь идет о повторном заземлении на вводе в электроустановку напряжением до 1 кВ системы TN (электроустановка с глухозаземленной нейтралью) зданий, в которых выполнена основная система уравнивания потенциалов и которые питаются от отдельностоящей трансформаторной подстанции.

Сечение заземляющего проводника, присоединяющего главную заземляющую шину (ГЗШ) электроустановки здания (шину PE вводно-распределительного устройства, если она используется в качестве ГЗШ) к заземлителю повторного заземления электроустановки здания, следует выбирать по условию термической стойкости к току наибольшего возможного тока однофазного короткого замыкания в электроустановке в условиях обрыва PE (PEN)-проводника цепи, питающей электроустановку от трансформаторной подстанции. В качестве такого наибольшего тока может быть принят ток однофазного КЗ на шинах ВРУ. Для расчета сечения проводника по термической стойкости следует пользоваться формулой, приведенной в 1.7.126 ПУЭ:

$$S \geq I\sqrt{t} / k,$$

где S – сечение проводника (мм^2);

I – значение тока однофазного КЗ (А);

t – время протекания тока однофазного КЗ (с);

k – коэффициент, принимаемый по таблице 1.7.9 главы 1.7 ПУЭ в зависимости от материала заземляющего проводника (применение алюминия не допускается).

Значение тока однофазного КЗ при этом зависит от суммы сопротивлений заземляющего устройства питающей трансформаторной подстанции и заземлителя повторного заземления электроустановки здания.

Время протекания тока принимается равным времени отключения цепи КЗ защитным аппаратом трансформаторной подстанции.

В системе TT, если в вопросе имеется в виду такая система:

– нейтраль источника питания глухо заземлена;
– открытые проводящие части, защищаемые одним защитным устройством, должны присоединяться к одному, общему для этих открытых проводящих частей заземляющему устройству, не имеющему связи с заземляющим устройством источника питания;
– электробезопасность в соответствии с п. 413.1.4.2 ГОСТ Р 50571.3-94 обеспечивается условием:

$$RA \cdot I_а \leq U_{пр}, \text{ В},$$

где RA – суммарное сопротивление заземлителя и заземляющего проводника, значение которого определяется номинальным дифференциальным током срабатывания УЗО из вышеприведенной формулы с учетом запаса, гарантирующего срабатывание УЗО. Так, например, для УЗО с номинальным дифференциальным током 30 мА, по данным МЭК, достаточно сопротивление заземляющего устройства, равное 160 Ом;

$I_а$ – ток срабатывания защитного устройства (если защитным устройством является УЗО, то под $I_а$ подразумевается его номинальный дифференциальный ток I, значения которого малы и, как правило, в условиях общего применения не превышают 300 mA);

$U_{пр}$ – допустимое значение напряжения прикосновения (не более 50 В для помещений без повышенной опасности и не более 25 В для помещений с повышенной опасностью и наружных установок).

Следовательно, сечение заземляющего проводника в системе TT ограничивается только его механической прочностью.

При прокладке заземляющего проводника внутри помещения, в соответствии с 1.7.127 ПУЭ 7-го изд., сечение медного проводника должно быть не менее 2,5 мм^2 при наличии механической защиты (прокладка в трубе, коробе и т.п.) и не менее 4 мм^2 при отсутствии механической защиты. Сечение проводников из стали должно быть эквивалентным по проводимости. Применение алюминиевых заземляющих проводников не допускается. При прокладке открыто вне помещений

и при прокладке в земле размеры заземляющих проводников следует принимать в соответствии с табл. 1.7.4 ПУЭ 7-го изд.

В случае возможности протекания по заземляющему проводнику системы ТТ сквозного тока однофазного короткого замыкания сечение проводника должно выбираться по термической стойкости к этому току аналогично системе TN.



Андрей Литвин,
«СервисМонтажИнтеграция»

Каким образом можно соотнести максимальный ток на вводных шинах в электроустановке с ударным током оболочки электроустановки (интересует методика расчета)? Существует ли методика расчета металлического каркаса оболочки электроустановки на допустимые ударные и термические токи?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора
Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Нормативно-технические документы не содержат требований по термической и динамической стойкости к оболочкам электрооборудования (устройств), за исключением оболочек комплектных токопроводов. Выбор токопроводов выполняет проектная организация с учетом значения тока короткого замыкания в проектируемой электроустановке. Дополнительная проверка их термической и/или динамической стойкости в дальнейшем не требуется.

Значения тока короткого замыкания, протекающего по различным частям оболочки, зависят от путей растекания тока по оболочке, определяемых наличием параллельных цепей, точек повторного заземления или уравнивания потенциалов, сопротивления конструкций и контактных соединений.

Общая методика расчета тока короткого замыкания приведена в ГОСТ Р 50254-92 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания», который содержит пример расчета электродинамической стойкости шинных конструкций.



Лариса Перминова,
«НИиПИ градостроительства»

Как рассчитать отключающую способность автоматических выключателей и предохранителей в соответствии с требованиями п. 1.7.79 ПУЭ 7-го изд. (если нет времятоковых характеристик)?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Учитывая, что вопрос содержит ссылку на п. 1.7.79 ПУЭ, а также то, что отключающая способность – это максимальное значение тока, которое коммутационный аппарат способен отключать, ответ дается в предположении, что автора интересует не отключающая способность автоматических выключателей и предохранителей, а способ определения времени их срабатывания при отключении.

Определение фактического времени отключения коммутационных аппаратов без их индивидуальных времятоковых характеристик невозможно.

При отсутствии времятоковой характеристики аппарата для гарантированного срабатывания за время, не превышающее значения, нормированные п. 1.7.79 ПУЭ, необходимо, чтобы расчетный ток однофазного короткого замыкания в защищаемой цепи превышал значение верхней границы диапазона токов мгновенного срабатывания, которое указывается в маркировке (паспортной табличке) аппарата.

Для серийно выпускаемых автоматических выключателей в маркировке указывается номинальный ток выключателя и тип мгновенного расцепления. Для выключателей, соответствующих, например, ГОСТ Р 50345-99 (МЭК 60898-95) «Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения», в зависимости от типа мгновенного расцепления предусмотрены следующие диапазоны токов срабатывания:

тип B – при токах более 3 I_n до 5 I_n;
тип C – при токах более 5 I_n до 10 I_n;
тип D – при токах более 10 I_n до 50 I_n.

Если расчетный ток короткого замыкания находится на нижней границе диапазона токов срабатывания, время отключения таких выключателей в зависимости от типа расцепления может составить от 4 до 90 с.



Александр Быков,
ООО «Институт ЮжНИИгипрогаз»

Существуют ли в РФ специальные требования к организации и выполнению магистрали заземления для электроустановок во взрывоопасных зонах?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора
Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Действующие нормативные документы РФ (исключение – п. 7.3.137 ПУЭ 6-го изд.) не содержат специальных требований к выполнению магистрали заземления для электроустановок во взрывоопасных зонах.

В зависимости от типа заземления системы назначение магистрали заземления может быть различным. В системе TN (электроустановки с глухозаземленной нейтралью) все открытые проводящие части электроустановки должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали питающего трансформатора специально предусмотренными нулевыми защитными проводниками и магистраль заземления по существу является магистралью уравнивания потенциалов.

В системе IT (электроустановки с изолированной нейтралью) магистраль заземления может быть ис-

пользована как для присоединения электроустановки или ее частей к заземляющему устройству, так и в качестве магистрали уравнивания потенциалов.

Требования к магистрали заземления, как и к любому проводнику сети заземления, подразделяются на две части:

- требования к проводимости, определяемые необходимостью обеспечения нормированного времени отключения по условиям электробезопасности при повреждении изоляции в электроустановке и по условиям категории взрывоопасности помещения. Эти требования являются нормативными и содержатся в ГОСТ Р 51330-13-99 (МЭК 60079-14-96) «Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 14. Электроустановки во взрывоопасных зонах (кроме подземных выработок)» (см. также главу 1.7 ПУЭ 7-го изд.);
- требования к конструктивному выполнению: типу проводника, способу прокладки и выполнению контактных соединений, которые определяются условиями конкретного объекта, технико-экономическими соображениями и др. и реализуются при проектировании.

Магистрали заземления и уравнивания потенциалов не должны иметь, как правило, открытых контактных соединений во взрывоопасных зонах, при необходимости такие соединения должны быть выполнены сваркой. Способы крепления магистрали к конструкциям, по которым она прокладывается (колоннам, стойкам, основаниям технологического оборудования и т.п.), во всех случаях должны исключать возможность искрения.



Татьяна Сизова,
«Сибжелдорпроект» ОАО «РЖД»

В электрощитовой здания два ВРУ (со своими вводными кабелями разных сечений). Может ли для них быть общая главная заземляющая шина (ГЗШ)? Тогда сечение ГЗШ необходимо выбирать по половине сечения (с эквивалентной проводимостью) наибольшего питающего кабеля? Как правильно выбрать проводники, соединяющие PEN этих ВРУ с ГЗШ?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора
Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Ответ дается в предположении, что в здании имеется одно (двухпанельное) ВРУ с двумя вводами, поскольку речь идет об одном помещении электрощитовой; вводные панели ВРУ имеют раздельные шины N и PE; электроустановка здания проектируется для вновь сооружаемого здания или реконструируется для существующего.

В одном электрощитовом помещении здания достаточно выполнить только одну главную заземляющую шину, к которой должны быть присоединены PE-шины обеих вводных панелей ВРУ. В панелях ВРУ должны быть выполнены раздельные шины N и PE. Сечение отдельно установленной ГЗШ должно быть не менее половины сечения PE-шины ВРУ. Шины PE панелей соединяются проводником (шиной) сечением, равным сечению шин этих панелей. Соединение ГЗШ и шин ВРУ производится проводником, сечение (проводимость) которого равно сечению (проводимости) ГЗШ.

Две (и/или более) ГЗШ выполняются при размещении ВРУ в разных помещениях здания.

Приведенные в п. 1.7.119 ПУЭ 7-го изд. требования к сечению главной заземляющей шины с учетом положений международных стандартов, опубликованных после утверждения главы 1.7 ПУЭ, и дополнительных проработок признаны завышенными и уточнены указаниями Технического циркуляра Ассоциации «Росэлектромонтаж» от 16.02.2004 № 6/2004 «О выполнении основной системы уравнивания потенциалов на вводе в здание».



Алексей Михайлов,
«Универсал-Электрик»

Необходимо ли организовывать отдельный контур заземления для потребителей, таких как UPS, питающихся от вторичной обмотки разделительного трансформатора?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора
Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Защитное электрическое разделение цепей (подключение электроприемников к вторичной обмотке разделительного трансформатора) является мерой защиты от косвенного прикосновения. Условия обеспечения электробезопасности для этого случая определены указаниями п. 1.7.85 ПУЭ 7-го изд.

Присоединение токоведущих и открытых проводящих частей отделяемых цепей к заземляющему устройству в этом случае не только не требуется, но и должно быть исключено, в связи с чем нет необходимости в выполнении отдельного заземлителя.

Наличие разделительного трансформатора само по себе не обеспечивает требований электробезопасности. Требования к применению защитного электрического разделения цепей приведены в п. 1.7.85 ПУЭ и п. 413.5 ГОСТ Р 50571.3-94 «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током».

Необходимо иметь в виду следующее:

– защитное электрическое разделение цепей, как правило, следует применять при питании от разделительного трансформатора только одного электроприемника. Питание от разделительного трансформатора нескольких электроприемников допускается при выполнении требований упомянутых нормативных документов, предусмотренных дополнительно именно для такого случая применения этого способа защиты от косвенного прикосновения;

– особое внимание должно быть обращено на правильное выполнение изолированной от земли местной системы уравнивания потенциалов;

– открытые проводящие части отделенных цепей не должны иметь контактов с землей, с открытыми проводящими частями и защитными проводниками других цепей, в т.ч. с корпусом разделительного трансформатора. Если возможность возникновения таких контактов (как преднамеренных, так и непреднамеренных) не исключена, то электрическое разделение цепей не может рассматриваться в качестве защитной меры, обеспечивающей условия электробезопасности. В этом случае электробезопасность должна быть обеспечена в соответствии с защитными мерами для цепи, с открытыми проводящими частями которой возможен контакт. Как правило, при этом имеется в виду цепь первичной обмотки разделительного трансформатора или других цепей, открытые проводящие части которых имеют связь с землей, а мерой защиты является автоматическое отключение питания со всеми предъявляемыми к нему требованиями ПУЭ и ГОСТ Р 50571.3;

– стандарт МЭК 60364-4-41, на основании которого выполнены ГОСТ Р 50571.3 и глава 1.7 ПУЭ, содержит рекомендации о том, что произведение номинального напряжения отделяемой цепи (цепей) в вольтах на суммарную длину цепи (цепей) в метрах не должно превышать значение 100 000, а суммарная длина цепей должна быть не более 500 м независимо от значения напряжения.

Эти рекомендации не включены в указанные отечественные нормативные документы, однако, по нашему мнению, их целесообразно учитывать в качестве дополнительной проверки соблюдения условий безопасности.



Дмитрий Яцунок,
ООО «НПФ «Прочность – Инвест»

В пункте 1.7.131 ПУЭ 7-го изд. нормируется минимальное сечение PEN-проводника (10 мм² по меди), в пункте 1.7.132 ПУЭ 7-го изд. допускается, как исключение, применение двухпроводной системы для питания однофазных потребителей при вводе от воздушной линии. Допускается ли использовать в этом случае PEN-проводники, равные сечению фазных жил (при сечении фазных жил ответвления менее 10 мм²), при ответвлениях от воздушных линий к потребителям малой мощности?



Александр Шалыгин,
начальник ИКЦ Московского института энергобезопасности и энергосбережения
Валерий Хейн,
АК «Росэлектромонтаж»
Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Сечения PEN-проводника на ответвлениях от воздушных линий с самонесущими изолированными проводами (ВЛИ) и от воздушных линий (ВЛ) к вводам определяются в соответствии с таблицей 2.4.1 ПУЭ «Минимально допустимые сечения изолированных проводов» и не должны приниматься менее 16 мм² по алюминию.

В соответствии с ПУЭ минимальное сечение ответвления не может быть меньше 16 мм² и не зависит от материала провода.

Для ряда марок специальных проводов и кабелей, обладающих повышенной прочностью, по индивидуальному согласованию в установленном порядке это сечение может быть снижено. При этом ответвление от воздушной линии должно быть трехпроводным (L, N и PE).

Ответвление от ВЛ к вводу (определение см. в п. 2.4.3 ПУЭ) от магистральной воздушной линии для индивидуальных жилых домов (в сельской местности, на садоводческих участках) может быть выполнено двухпроводным с использованием изолированных проводов.



Виктор Збрицкий,
ПКП «Гамма»

Должно ли быть установлено УЗО на манипуляторе с асинхронным двигателем 37 кВт? Манипулятор запитывается через кабель. По п. 1.7.159 ПУЭ 7-го изд. УЗО может быть установлено как дополнительное устройство, а по п. 1.7.160 в точке подключения должно быть установлено УЗО с дифференциальным током большим, чем у УЗО на машине. А если на машине нет УЗО?

При опытной установке УЗО с $I_н$ = 80 А и $I_н$ = 100 мА и подключении по схеме TN-C-S происходило его срабатывание при пуске двигателя. В чем может быть причина, если суммарный ток утечки на землю (PE-провод) не более 20 мА?



Александр Шалыгин,
начальник ИКЦ Московского института энергобезопасности и энергосбережения
Валерий Хейн,
АК «Росэлектромонтаж»

В системе TN для передвижных установок должно быть выполнено автоматическое отключение питания. Для этого в первую очередь должна использоваться защита от сверхтока (отсечка автоматического выключателя, предохранитель). Если кратность тока короткого замыкания недостаточна для надежного срабатывания защиты, то дополнительно устанавливается устройство дифференциальной защиты в соответствии с 1.7.79 ПУЭ 7-го изд.

В пункте 1.7.159 ПУЭ в части применения УЗО речь идет о специальных установках, выполненных по системе IT, в которых допустимое напряжение прикосновения при первом замыкании на открытые проводящие части обеспечивается параметрами заземлителя.

УЗО, устанавливаемое в точке подключения в соответствии с п.1.7.160 ПУЭ, служит для защиты при повреждении питающего кабеля.

УЗО, используемые для защиты линий питания электродвигателей мощностью более 10 кВт, выбираются с выдержкой времени.

При больших пусковых токах асинхронного двигателя возможно срабатывание УЗО. Для УЗО без встроенной защиты от сверхтока ток неотключения

составляет не менее 6 $I_н$, а для УЗО со встроенной защитой от сверхтока – не менее нижнего значения отсечки. Отключение происходит из-за асимметрии самого трансформатора тока, встроенного в УЗО.



Тамара Иванова,
ОАО «СУС»

В проекте электроснабжения завода сухих строительных смесей заложены кабели 0,4 кВ с завышенными сечениями. Мотивировка проектировщиков – кабели 0,4 кВ они проверяли на термическую устойчивость токами КЗ согласно циркуляру Ц-02-98(Э). При этом токи КЗ они взяли металлические на шинах 0,4 кВ ТП без учета сопротивлений системы (хотя данные ее есть) и переходных сопротивлений дуги, рубильников, автоматов и т.д. Надо ли выбирать кабели 0,4 кВ по токам КЗ вопреки п. 1.4.2 ПУЭ-2002? Если да, то какой ТКЗ брать, так как с учетом вышеуказанных сопротивлений он падает почти вдвое, отсюда и сечения уменьшаются соответственно?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Объем проверок при выборе электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания устанавливается ПУЭ. Проверка по режиму короткого замыкания кабелей напряжением до 1 кВ ПУЭ 6-го изд. (п.1.4.2) не предусматривается. Однако проектом ПУЭ 7-го изд. в электроустановках напряжением до 1 кВ рекомендуется проверять:

1) на электродинамическую стойкость – токопроводы, ошиновку распределительных устройств и щитов, сборок и распределительных пунктов, а также коммутационные аппараты, установленные в распределительных щитах, силовых сборках и силовых шкафах;
2) на термическую стойкость – автоматические выключатели, самонесущие изолированные провода и кабели с бумажной и пластмассовой изоляцией. Проверка может не производиться для самонесущих изолированных проводов и кабелей, защищенных плавкими предохранителями или автоматическими выключателями, если последние выбраны по условиям обеспечения работы токовой отсечки в конце защищаемой линии;
3) на коммутационную способность – предохранители и автоматические выключатели;
4) на невозгораемость – кабели и изолированные проводники.

Эти проверки позволят достичь более высокого уровня надежности электрооборудования при эксплуатации благодаря снижению вероятности возникновения пожаров при коротких замыканиях.

Требования циркуляра от 16.03.1998 № Ц-02-98(э) обязательны для организаций РАО «ЕЭС России». Другие организации по своему усмотрению также могут применять их на своих объектах с целью уменьшения вероятности возникновения пожара при коротких замыканиях.

При расчетах токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1 кВ рекомендуется учитывать и сопротивление системы, и суммарное сопротивление контактных соединений с учетом положений ГОСТ 50270.



Дмитрий Иванов,
ООО «Экстрадент»

Какую кратность тока автомата, снабженного комбинированным расцепителем, выбирать при профилактических испытаниях электроустановки (замер сопротивления петли «фаза – ноль»), смонтированной и принятой в эксплуатацию во время действия ПУЭ 6-го изд.? Электротехническая лаборатория в своих протоколах ссылается уже на новые требования.



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

В соответствии с ПУЭ 6-го изд., для автоматического отключения поврежденного участка цепи при однофазном коротком замыкании требовалось обеспечение определенной кратности тока однофазного короткого замыкания относительно номинального тока или уставки срабатывания защитного аппарата в зависимости от его типа и исполнения его расцепителя. Время срабатывания защитного аппарата не нормировалось.

В соответствии с ПУЭ 7-го изд. требуется обеспечение нормированного значения времени срабатывания защитного аппарата. Значение тока однофазного короткого замыкания не нормируется, однако ток должен быть достаточным для обеспечения требуемого времени срабатывания.

Из этого видно, что в обоих случаях при испытаниях необходимо определить фактическое значение тока однофазного короткого замыкания (ОКЗ). Значение тока ОКЗ может быть определено расчетным путем на основании значения сопротивления петли «фаза–ноль», полученного путем замеров при испытаниях.

В случае выполнения требований ПУЭ 6-го изд. необходимо убедиться, что фактический ток ОКЗ составляет:

– в помещениях с невзрывоопасной средой (п. 1.7.79 ПУЭ 6-го изд.) – не менее трехкратного значения номинального тока плавкого элемента ближайшего предохранителя, а также номинального тока нерегулируемого расцепителя или тока уставки регулируемого расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратнозависимую от тока характеристику, или не менее значения тока уставки мгновенного срабатывания с учетом коэффициентов запаса и разброса автоматического выключателя, имеющего только электромагнитный расцепитель (отсечку);
– в помещениях с взрывоопасной средой (п. 7.3.139 ПУЭ 6-го изд.) – не менее четырехкратного значения номинального тока плавкого элемента ближайшего предохранителя или не менее шестикратного значения тока расцепителя автоматического вы-

ключателя, имеющего обратнозависимую от тока характеристику.

В случае выполнения требований ПУЭ 7-го изд. необходимо убедиться, что фактический ток ОКЗ обеспечивает время срабатывания защитного аппарата, не превышающее значений, нормированных п. 1.7.79 ПУЭ 7-го изд., для чего необходимо иметь времятоковую (обратнозависимую) характеристику этого защитного аппарата. Если документация завода-изготовителя на соответствующие защитные аппараты, содержащая времятоковые характеристики, отсутствует, такие характеристики следует снимать при выполнении пусконаладочных работ или периодических испытаний.



Виктор Фаустов,
МУП «Горэлектросеть»

В каких случаях проводник защитного заземления выполняется неизолированным? Где граница применения неизолированных проводников?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)
Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Термин «защитный заземляющий проводник» (ПУЭ 7-го изд., п.1.7.34) обозначает защитный проводник, соединяющий корпуса электрооборудования и другие открытые проводящие части электроустановок с заземлителем. Защитные заземляющие проводники при этом практически всегда целесообразно выполнять неизолированными. Исключения могут потребоваться в специальных случаях в электроустановках зданий, аналогичных жилым и общественным, в условиях чистых или высокоточных технологий и др.

Несмотря на то, что ПУЭ не запрещают использовать в качестве нулевых защитных проводников неизолированные проводники и, более того (п. 1.7.121), допускают использование открытых проводящих частей (металлические короба, лотки, трубы электропроводок, опорные конструкции комплектных устройств и др.), а также сторонних проводящих частей (металлические строительные конструкции зданий, арматура строительных железобетонных конструкций, подкрановые рельсы обрамления каналов и т.п.), нулевые защитные проводники, как правило, выполняются изолированными.

Основной причиной этого является необходимость выполнения рекомендации п. 1.7.128 ПУЭ о прокладке нулевых защитных проводников совместно с фазными проводниками или в непосредственной близости к ним, для того чтобы ток однофазного короткого замыкания был достаточным для обеспечения времени отключения защитного аппарата поврежденной цепи, нормированного п.1.7.79 и табл. 1.7.1. Кроме того, использование открытых и сторонних проводящих частей в качестве нулевых защитных проводников допускается ПУЭ только в том случае, если они предусмотрены или специально приспособлены для этого, что требуется для гарантии непрерывности защитной цепи, достаточной ее проводимости и надежности электрических контактов в случае строительных или технологических изменений. В жилых и общественных зданиях это диктуется также соображениями возможности конструктивного исполнения.



Дмитрий Яцунок,
ОАО «Экспертиза»

В п. 1.7.131 ПУЭ говорится, что в многофазных цепях в системе TN можно совмещать PE- и N-проводники в PEN при поперечном сечении жил кабеля 10 мм² по меди. Имеются в виду сечения фазных жил или сечение PEN-проводника? Например, можно ли использовать кабель 3×10 + 1×6, где сечение PEN-проводника 6 мм²?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)
Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

PEN-проводник выполняет функции нейтрального и защитного проводников и должен соответствовать всем требованиям, предъявляемым к этим проводникам по отдельности.

Требования к сечению PEN-проводника определяются не только п. 1.7.131, но и другими пунктами глав ПУЭ 7-го изд. Наименьшие сечения PEN-проводника определяются, в частности, указаниями таблицы 1.7.5 в зависимости от сечения фазных проводников, но во всех случаях сечение PEN-проводника должно быть не менее 10 мм² по меди, даже при меньших сечениях фазных проводников. При защите линии предохранителями сечение PEN-проводника должно быть во всех случаях равным сечению фазных проводников.

Использование кабеля с сечениями жил 3×10 + 1×6 для вновь проектируемых электроустановок недопустимо.



Игорь Белевич,
«Механобр Инжиниринг»

Допускается ли заземление железобетонных опор ВЛ 6 кВ, проходящей по ненаселенной местности, выполнять четвертым проводом? Четвертый провод прокладывается на изоляторах рядом с фазными проводами и заземляется по концам линии и у промежуточных понижающих подстанций, подключенных к этой линии.

Выполнение заземлений у каждой опоры вызывает возражения у заказчика по причине быстрой коррозии заземлителей в сильноагрессивных грунтах.



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

В вопросе отсутствует информация о присоединении металлических конструкций опор к четвертому проводу, поэтому в ответе предполагается их присоединение к нему. В целом применение предлагаемого способа

не противоречит указаниям главы 2.5 ПУЭ 7-го изд., которыми конкретное выполнение способа заземления металлоконструкций опор не устанавливается. Указания п. 2.5.129 определяют только, что на ВЛ 3–35 кВ заземляются все железобетонные и металлические опоры, а также опоры с установленными на них силовыми или измерительными трансформаторами, разъединителями, предохранителями и другими аппаратами. Однако необходимо отметить, что при рассматриваемом способе заземления опор возрастает стоимость линии и может увеличиться число отключений воздушных линий при грозовых поражениях. Поэтому применение указанного в вопросе способа заземления железобетонных и металлических опор не рекомендуется.

Для уменьшения скорости коррозии заземлителей в агрессивных грунтах следует использовать рекомендации п. 1.7.112 ПУЭ 7-го изд.



Олег Котляров,
СПбЗНИиПИ

Требуется ли повторное заземление PE-проводника на вводе в главный распределительный щит (ГРЩ) объекта и присоединение к нему главной заземляющей шины (ГЗШ)? Трансформаторная подстанция находится в пределах 100 метров от объекта.



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)
Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Выполнение повторного заземления на вводе в электроустановку, питающуюся отдельной линией от трансформаторной подстанции, требуется всегда. Заземлитель повторного заземления должен быть присоединен к ГЗШ. В качестве повторных заземлителей следует в первую очередь использовать естественные заземлители.

При однофазных замыканиях в электроустановке, а также в случае обрыва PE-, PEN- или N-проводника наличие повторного заземления понижает возможное значение напряжения системы уравнивания потенциалов электроустановки здания относительно земли в зависимости от соотношения значений сопротивлений повторного заземления и заземляющего устройства подстанции, а также повышает уровень электробезопасности в электроустановке. Повторное заземление также понижает потенциал относительно земли основной системы уравнивания потенциалов, который может создаваться потерей напряжения в линии, питающей электроустановку.

В п. 1.7.61 ПУЭ 7-го изд. термин «рекомендуется», по отношению к повторному заземлению на вводе в электроустановку, применен в связи с тем, что при выполнении основной системы уравнивания потенциалов, что обязательно во всех случаях, повторное заземление обеспечивается за счет присоединения к ГЗШ сторонних проводящих частей (в том числе проводящих частей фундамента), которые являются естественными заземлителями.



Владимир Анискин,
ООО ПП «Энергия»

Каким должно быть сечение стальной полосы, соединяющей нулевую точку трансформатора (S=1000 кВА) с заземлителем, находящимся в непосредственной близости от трансформатора? И зависит ли сечение этой соединительной полосы от мощности трансформатора?



Александр Шалыгин,
начальник ИКЦ Московского института энергобезопасности и энергосбережения
Валерий Хейн,
АК «Росэлектромонтаж»

В трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВ выполняют одно общее заземляющее устройство. Поэтому параметры заземлителей и заземляющих проводников должны одновременно удовлетворять требованиям к заземлению в электроустановках выше 1 кВ и в электроустановках ниже 1 кВ. В случае, если по заземляющим проводникам возможно протекание токов короткого замыкания при замыканиях в электроустановке до 1 кВ, сечение заземляющих проводников выбирается в соответствии с п. 1.7.113 ПУЭ.

В системе TN, где по заземляющим проводникам токи короткого замыкания, как правило, не протекают, сечение заземляющих проводников выбирается по механической прочности и условию прокладки. По механической прочности минимальное сечение стальных проводников составляет 50 мм^2, а для проводников, проложенных в земле, 100 мм^2.

Поскольку заземляющие проводники одновременно используются для заземления электроустановки выше 1 кВ, то они должны также быть рассчитаны на длительное протекание тока замыкания в электроустановке выше 1 кВ. Как правило (см. п. 1.7.115 ПУЭ), не требуется применение стальных проводников более 120 мм^2. Однако при бо́льших токах могут потребоваться бо́льшие сечения заземляющих проводников, в этом случае сечение следует выбирать по таблице 1.3.31 ПУЭ.



Евгений Петров,
ЗАО «Сталльконструкция»

Что такое повторное заземление и для чего оно используется? Какова область его применения?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)
Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Повторное заземление выполняется в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью в тех случаях, когда условия электробезопасности не могут быть обеспечены при помощи только защитного автоматического отключения питания.

Повторным заземлением можно назвать преднамеренное присоединение в таких электроустанов-

ках какой-либо точки нулевого защитного (PE) или совмещенного (PEN) проводника цепи, питающей электроустановку, или электроустановки или электрооборудования, находящейся на каком-то удалении от нейтрали источника питания, к заземляющему устройству, которое может быть или не быть связанным электрически с заземляющим устройством источника питания.

Повторное заземление следует выполнять:

– на вводе в электроустановки зданий в соответствии с п. 1.7.61 ПУЭ 7-го изд. (в п. 1.7.61 применен термин «рекомендуется», т.к. при наличии основной системы уравнивания потенциалов, к которой присоединены конструкции, используемые в качестве естественных заземлителей, повторное заземление обеспечивается этими естественными заземлителями и выполнение искусственного заземлителя не является обязательным);
– на воздушных линиях и ответвлениях от них в соответствии с пп.1.7.102 и 1.7.103 ПУЭ.

Повторное заземление выполняется:

1) для понижения напряжения прикосновения на открытых проводящих частях (корпусах электрооборудования и др.) и, следовательно, понижения опасности поражения электрическим током при однофазных замыканиях на землю, на открытые или сторонние проводящие части.

При наличии повторного заземления при замыкании на корпус, например, отдельностоящего электроприемника, ток замыкания проходит не только по нулевому защитному проводнику, но частично также по земле через сопротивления заземлителей источника питания и повторного заземления. При этом напряжение относительно земли на корпусе поврежденного электроприемника понижается, а напряжение нейтрали источника питания повышается. Соотношение этих напряжений пропорционально соотношению сопротивлений соответствующих заземлителей.

В реальных распределительных сетях городов и промышленных предприятий картина распределения электрических потенциалов гораздо сложнее, т.к. от одного трансформатора, как правило, питаются несколько электроустановок, в которых для повторного заземления используются естественные заземлители, сопротивление которых учесть расчетом практически невозможно. Поэтому в соответствии с п. 1.7.61 ПУЭ сопротивление заземлителя повторного заземления не нормируется;

2) для предотвращения заноса в электроустановку здания наведенных потенциалов по внешним коммуникациям, входящим в здание;

3) для понижения потенциала, вынесенного на зануленные корпуса электроприемников при обрыве нулевого рабочего проводника питающей линии.

Для отдельностоящих электроприемников наружной установки, а также для зданий или сооружений с металлическим корпусом (гаражные боксы, мобильные здания) в непосредственной близости от них повторное заземление выполняет ещё функцию уравнивания потенциалов между доступными прикосновению проводящими частями этих сооружений и землей, а кроме того, снижает возможные значения шаговых напряжений.

Внутри зданий собственно земля недоступна. Опасность поражения электрическим током при однофазных замыканиях в этих условиях определяется значением разности потенциалов между одновременно доступными прикосновению проводящими частями, для понижения которого необходимо выполнять уравнивание потенциалов в соответствии с пп. 1.7.82 и 1.7.83 ПУЭ.

Существенно значение повторного заземления нулевого защитного проводника в снижении напряжений на открытых проводящих частях и для случая его обрыва. Наиболее опасен случай обрыва нулевого проводника с однофазным замыканием на корпус (землю) за местом обрыва. В этом случае, при отсутствии повторных заземлений, напряжение на корпусах всех электроприемников за местом обрыва будет близким к фазному в течение длительного времени, поскольку подобное повреждение не может быть отключено автоматически аппаратами защиты.



Сергей Клименко,
ООО «Фикоте Инжиниринг»

Как следует выполнять контур заземления встроенной (вписанной) в здание ТП? Следует ли выполнять замкнутый горизонтальный контур вокруг площади ТП (п.1.7.98 ПУЭ) или достаточно контура, используемого для молниезащиты здания и проложенного по периметру этого здания?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Значение сопротивления заземлителя встроенных и пристроенных подстанций должно отвечать общим нормам к заземлителям подстанций. Однако для таких подстанций невозможно выполнение указания п. 1.7.98 в полной мере. В этом случае достаточно полосы со стороны возможного приближения человека, т.е. предусмотренной по условиям молниезащиты здания.



Дмитрий Алемасов,
ФГУП «Приборостроительный завод»

Современные подвесные потолки типа ARMSTRONG представляют собой «… другие металлические конструкции», на которые распространяются требования п. 1.7.76 ПУЭ 7-го изд. – Меры защиты при косвенном прикосновении: «при применении в качестве защитной меры автоматического отключения питания указанные открытые проводящие части должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали в системе TN…».

Создание единой металлоконструкции данного типа потолков выполнить сложно, да и нецелесообразно, поскольку это влечет за собой периодические замеры переходных сопротивлений.

Каким образом в данном случае выполнить требования мер защиты при косвенном прикосновении?



Александр Шалыгин,
начальник ИКЦ Московского института энергобезопасности и энергосбережения

Если проводная линия за подвесным потолком выполнена кабелем, проложенным непосредственно по металлическим конструкциям потолка, то следует в начале и в конце проводной линии (у первого и последнего светильника) соединить металлическую конструкцию потолка с PE-проводом указанной линии.



Наталья Кузнецова,
ОАО «Северэлектромонтаж»

Можно ли подключать разные ВРУ (ГРЩ) секций одного дома к разным ТП 6–10/0,4 кВ? Каковы в этом случае требования к проводникам, соединяющим главные заземляющие шины?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)
Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Электроснабжение разных секций одного дома от двух подстанций 6–10/0,4 кВ допустимо. Соединение главных заземляющих шин разных ВРУ (ГРЩ) должно выполняться проводниками, сечение (проводимость) которых должно (должна) быть равным не менее половины сечения (проводимости) PE (PEN)-проводника линии среди отходящих от щитов низкого напряжения подстанций, которая имеет наибольшее сечение (см. также Технический циркуляр Ассоциации «Росэлектромонтаж» от 16.02.2004 № 6/2004 «О выполнении основной системы уравнивания потенциалов на вводе в здания»).



Игорь Ахаимов,
ФГУП «13 электрическая сеть ВМФ»

При измерении сопротивления петли «фаза–ноль» Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей предусматриваются одни значения кратности тока КЗ, а ПУЭ 7-го изд. предусматривает расчет кратности тока по времятоковым характеристикам. Соответственно токи КЗ получаются различные.

Разъясните, пожалуйста, каким документом следует руководствоваться при измерении сопротивления петли «фаза–ноль» в электроустановках, смонтированных до введения 7-го изд. ПУЭ?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)
Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Измерение сопротивления петли «фаза–ноль» необходимо для определения тока короткого замыкания и последующего определения времени срабатывания защитного аппарата при коротком замыкании по его времятоковой характеристике, т.к. критерием электробезопасности является сочетание возможного значения напряжения прикосновения и времени его воздействия на человека.

В действующих нормативно-технических документах (ПУЭ, Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей) критерии приведены исходя из соображения отключения места повреждения, но не всегда обеспечивают соблюдение условий электробезопасности.

Если полученное время срабатывания соответствует п. 1.7.79 ПУЭ 7-го изд. и выполнена основная система уравнивания потенциалов, условия электробезопасности в помещениях без повышенной опасности электроустановки считаются выполненными. Если значения времени срабатывания превышают значения, указанные в 1.7.79 ПУЭ 7-го изд., предусмотренные проектом меры безопасности являются недостаточными и на отдельных участках электроустановки необходимо выполнение дополнительных мер защиты: дополнительное уравнивание потенциалов (для понижения значений напряжения прикосновения) или дополнительная установка УЗО (для уменьшения времени его воздействия).



Андрей Шлыков,
Первомайское УМГ

Электроустановка производственного объекта получает питание 0,4 кВ по кабельной линии от КТП, длина кабеля примерно 100 метров. Согласно п. 1.7.61 ПУЭ сопротивление заземляющего устройства этой электроустановки не нормируется, а его значение должно замеряться при отсоединенном PEN-проводнике питающей линии. На какое нормированное сопротивление ЗУ ориентироваться при измерении, если отсоединение PEN-проводника невозможно по технологическим причинам и замеры проводятся при присоединенном PEN-проводнике?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)
Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

При выполнении измерений сопротивления заземления электроустановки 0,4 кВ без отсоединения PEN-проводника определение его значения невозможно. Результат измерения будет представлять суммарное значение сопротивления всех заземлителей сети, работающих параллельно, включая сопротивление заземляющего устройства подстанции и сопротивления других повторных заземлителей всех отходящих от подстанции линий. Это относится также и к измерениям сопротивлений заземлителей опор ВЛ напряжением выше 1000 В с тросовой защитой.

Критерии оценки сопротивлений заземлителей, измеренных без отсоединения PEN-проводника или троса, не установлены. Разработанные специальные приборы для измерений сопротивления заземлителей опор ВЛ без отсоединения троса (ИЗБОТ) не получили распространения.

В вашем случае необходимо ликвидировать упомянутые «технологические причины», то есть выполнить соединение PEN-проводника (PEN-шины, шины PE, главной заземляющей шины) и заземляющего проводника разъемным.

Индивидуальное отсоединение каждого проводника (при помощи инструмента), присоединяемого к главной заземляющей шине электроустановки здания, для обеспечения возможности измерения сопротивления заземляющего устройства требуется по ГОСТ Р 50571.10-96 (см. также п.1.7.116 и 1.7.119 ПУЭ 7-го изд.).



Сергей Антонов,
ОАО «Сибирьтелеком»

Можно ли заземлять электропитающие устройства связи от существующего заземляющего устройства трансформаторной подстанции?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)
Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

В ПУЭ 7-го изд., п. 1.7.55, рекомендуется применять одно заземляющее устройство для территориально сближенных электроустановок разных назначений и разных напряжений. Способ выполнения заземления в электроустановке зависит от системы электрической сети.

Если рассматриваемое электропитающее устройство связи установлено внутри здания и питается от электрической сети здания с системой TN, для него должно быть выполнено присоединение его корпуса нулевым защитным проводником к шине PE вводного распределительного устройства здания. Шина PE в свою очередь соединяется (или объединяется) с главной заземляющей шиной. Этим обеспечивается повторное заземление на вводе в электроустановку здания.

Если рассматриваемое электропитающее устройство связи является отдельностоящим, установлено под открытым небом и присоединено к низковольтному щиту подстанции, для него также должно быть выполнено присоединение открытых проводящих частей к заземлителю подстанции нулевым защитным проводником. В этом случае имеющиеся вблизи сторонние проводящие части (металлоконструкции, трубопроводы и т.п.), находящиеся на расстоянии менее 2,5 м, должны быть соединены с корпусом устройства для уравнивания потенциалов. Способ соединения зависит от конструктивного исполнения устройства.

В сети напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью (система IT) выполняется заземление открытых проводящих частей электроустановки. Заземляющее устройство, используемое для этой цели, может быть выполнено специально для рассматриваемой электроустановки либо может быть использовано заземляющее устройство других расположенных вблизи электроустановок.



Аркадий Смыслов,
ООО «Спецстрой»

Куда должен подключаться заземляющий проводник повторного заземления индивидуальных домов – на изоляторе на стене здания или на ГЗШ?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Воздушные линии электропередачи используются во многих случаях для электроснабжения небольших потребителей (повсеместно: сельская местность, дачные участки, поселки), наибольшая мощность каждого из которых редко превышает 10 кВт. В этом случае достаточным является наличие заземлителя повторного заземления ВЛ, если расстояние до него не превышает 100 м. Выполнение повторного заземления непосредственно на вводе в здание не обязательно.

Для деревянных зданий при отсутствии металлических коммуникаций, входящих в здание, допускается не выполнять главную заземляющую шину, а нулевой защитный проводник присоединять на изоляторе ввода. При наличии металлических коммуникаций, входящих в здание из любых материалов, необходимо предусматривать главную заземляющую шину и к ней присоединять нулевой защитный (PEN) проводник питающей линии (ответвления), заземляющий проводник повторного заземления и входящие в здание коммуникации. Размещать главную заземляющую шину в таких случаях следует вблизи вводного устройства таким образом, чтобы она не подвергалась опасности механических повреждений.



Сергей Курасов,
ООО «Спецмонтажстрой»

Какие меры можно считать достаточными для обеспечения механической защиты электропроводки?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)
Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Защита от механических повреждений (механическая защита) при открытой прокладке должна выбираться с учетом механических воздействий, возможных в зоне, в которой проложены проводники.

Классификация внешних механических воздействий в зависимости от их интенсивности с примерами применения приведена в ГОСТ Р 50571.2-94 «Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики», п. 321.7. Механические внешние воздействующие факторы.

Российские нормативные документы, нормирующие количественные значения механических воздействий нам не известны. В системе МЭК значения соответствующих испытательных механических воздействий указываются в стандартах, содержащих требования к испытаниям конкретных изделий, обе-

спечивающих механическую защиту электропроводок. Например, для электротехнических коробов (Стандарт МЭК IEC 1084-1-1991, русская версия стандарта готовится к изданию) приведены следующие значения ударных воздействий при испытании:

Классификация по ГОСТ Р 50571.2-94 *	Ударное воздействие				
	AG1		AG2	AG3	
Примеры применения по ГОСТ Р 50571.2-94 *	Бытовые и аналогичные условия		Обычные пром. усл.	Жесткие промышленные условия	
Классификация по МЭК 1084-1	Очень легкое	Легкое	Среднее	Тяжелое	Очень тяжелое
Приблизительная энергия, Дж	0,5	1,0	2,0	6,0	20
Масса падающего груза, кг	0,5	1,0	2,0	2,0	6,8
Высота падения, мм	100 ± 1	100 ± 1	100 ± 1	300± 1	300± 1

* Строки добавлены авторами ответа.



Виктор Железников,
«Юграсетьпроект»

В многоэтажных домах, имеющих несколько подъездов, ввод коммуникаций обычно осуществляется в разных местах подвала, весьма удаленных друг от друга. Как в этом случае следует выполнять присоединение этих коммуникаций к главной заземляющей шине: вести к ней отдельный проводник от каждой трубы или можно в подвале выполнить магистраль, к ней присоединить коммуникации, а магистраль в свою очередь присоединить к главной заземляющей шине?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Присоединение входящих в здание коммуникаций к основной системе уравнивания потенциалов должно выполняться как можно ближе к их вводу в здание. Наибольшая эффективность основной системы уравнивания потенциалов обеспечивается в том случае, когда все коммуникации входят в здание в одном месте. Однако в больших городских зданиях это не всегда возможно. В этом случае следует считать допустимым выполнение, например в подвале, магистрали, являющейся продолжением главной заземляющей шины, к которой присоединяются все входящие коммуникации.

При питании всей распределительной сети здания от одного ВРУ и отсутствии металлических связей входящих в здание коммуникаций с заземляющим устройством питающей трансформаторной подстанции проводимость такой магистрали должна быть не менее половины проводимости PE-шины ВРУ.

При наличии в здании нескольких ВРУ (ГРЩ), питающихся от одной и той же трансформаторной подстанции, проводимость магистрали должна выбираться с учетом возможного протекания по ней нулевого рабочего тока в нормальном несимметричном режиме. При отсутствии расчетных данных о возможном значении тока несимметрии проводимость магистрали должна быть не менее половины проводимости нулевой рабочей шины ВРУ наибольшей мощности. Магистраль при этом должна быть присоединена к главным заземляющим шинам всех ВРУ здания.

При наличии в здании нескольких ВРУ (ГРЩ) или нескольких встроенных трансформаторных подстанций их главные заземляющие шины соединяются попарно проводниками уравнивания потенциалов (магистралью), сечение (проводимость) которых должно быть не менее сечения (эквивалентной проводимости) меньшей из попарно соединяемых ГЗШ.

Места присоединений проводников уравнивания потенциалов к магистрали и к сторонним проводящим частям должны иметь цветовое обозначение желто-зелеными полосами либо обозначаться знаком и буквами PE.

Дополнительные указания по выбору сечений PE-шин вводных устройств электроустановок зданий и соответственно сечений ГЗШ приведены в ГОСТ Р 51321.1, таблица 4 (см. также Технический циркуляр Ассоциации «Росэлектромонтаж» от 16.02.2004 № 6/2004 «О выполнении основной системы уравнивания потенциалов на вводе в здания»).



Сергей Пряничников,
ОАО «Спецэлектро»

Каким требованиям должно отвечать заземляющее устройство подстанций с различными режимами нейтрали обмоток силового трансформатора, в частности, подстанций 6-10/0,38 кВ?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Заземляющее устройство любой подстанции должно соответствовать режимам нейтрали сетей соответствующих напряжений.

Для подстанций 6-10/0,38 кВ должны одновременно выполняться следующие условия:

– на стороне напряжения 6–10 кВ сопротивление заземляющего устройства должно соответствовать требованиям пп. 1.7.96 и 1.7.98, т.е. быть не более R ≤ 250/I, но не более 10 Ом;
– на стороне напряжения до 1 кВ при глухозаземленной нейтрали трансформатора сопротивление заземляющего устройства должно соответствовать требованиям п. 1.7.101, т.е. быть не более 4 Ом с учетом естественных заземлителей, а также за-

землителей повторных заземлений PEN- или PE-проводника отходящих ВЛ до 1 кВ. Сопротивление заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали трансформатора, при напряжении 0,38 кВ должно быть не более 30 Ом;

– на стороне напряжения до 1 кВ при изолированной нейтрали трансформатора сопротивление заземляющего устройства должно соответствовать требованиям п. 1.7.104, т.е. быть не более $R \leq U_{пр} / I$, но, как правило, не требуется менее 4 Ом. В случаях, когда мощность генераторов или трансформаторов не превышает 100 кВА, допускается принимать сопротивление заземляющего устройства до 10 Ом.

В целом заземляющее устройство подстанции должно соответствовать наиболее жесткому из приведенных выше условий.



Владимир Чипизубов,
ОАО «ВостСибЭнергосетьпроект»

В ПУЭ 7-го изд., п. 1.7.30, сказано: «Рабочее (функциональное) заземление – заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности)».

В ГОСТ Р 50571.21-2000, часть 5, раздел 548, п. 3.15: «Функциональное заземление – заземление для обеспечения нормального функционирования аппарата, на корпусе которого по требованию разработчика не должен присутствовать даже малейший электрический потенциал (иногда для этого требуется наличие отдельного электрически независимого заземлителя)».

В ГОСТе нет ни одного слова про «рабочее (функциональное) заземление». Чем руководствоваться?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

В настоящее время в России нет документа, который содержал бы единую терминологию, относящуюся ко всем установкам, в частности, к оборудованию обработки информации (ООИ), в т.ч. к заземлению и уравниванию потенциалов в цепях такого оборудования. Издающиеся в России документы и работы по вопросам ООИ основаны на зарубежных документах и не имеют единого плана разработки, единой системы редактирования. Термины, предлагаемые на русском языке, зависят от переводчика соответствующего документа, а также от традиционной терминологии той страны или Комитета МЭК (Молниезащита; Электроустановки зданий; Телекоммуникационное оборудование и др.), стандарты которых используются для создания российского документа. Определения одинаковых терминов не совпадают даже в упомянутом стандарте ГОСТ Р 50571.21-2000, часть 5, раздел 548 «Заземляющие устройства и системы уравнивания электрических потенциалов в электроустановках, содержащих оборудование обработки информации» и ГОСТ Р 50571.22-2000, часть 7, раздел 707 «Заземление оборудования обработки информации».

В различных отечественных документах и технической литературе в настоящее время можно встретить несколько терминов: рабочее, функциональное, физическое, информационное (а возможно, и другие) заземление, которые применительно к ООИ означают, по существу, одно и то же, а именно: заземление в цепи рабочего сигнала, необходимое для нормальной работы оборудования.

Основные требования к заземляющим устройствам электроустановок зданий с ООИ определяются принятым типом системы заземления – TN, TT, IT. Проблемы, связанные с понижением потенциала на корпусах ООИ, учитываются выполнением дополнительных условий при их заземлении и соответствующем выполнении системы уравнивания потенциалов.

Эти вопросы рассмотрены также в работе УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО) «Пособие по выполнению заземления и уравнивания потенциалов оборудования информационных технологий. Меры защиты от электромагнитных воздействий».



Александр Павлов,
«Ростовские электрические сети»

Допускается ли использование в одном здании двух систем заземления, например, TN-C – для силового оборудования и TN-C-S – для освещения?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Выполнение электрических сетей напряжением до 1000 В по системам, обозначаемым TN-C и TN-C-S, применяется, как правило, совместно. На участке сети и в помещениях, доступных только для квалифицированного персонала, может использоваться система TN-C. В остальных местах должна быть применена система TN-C-S (с раздельными нейтральным и нулевым защитным проводниками), при использовании которой могут быть обеспечены условия электробезопасности для людей, не имеющих специальной подготовки.

После разделения PEN-проводника на раздельные PE и N-проводники не допускается заземление N-проводника или его соединение с PE-проводником.



Каурбек Магкеев,
ОАО «Севоспроект»

Согласно п. 1.7.82 ПУЭ, основная система уравнивания потенциалов в электроустановках до 1 кВ должна соединять между собой проводящие части, в том числе металлические части каркаса здания. У меня как у конструктора возникает вопрос: не представляет ли это опасность для обратного попадания блуждающих токов, токов утечки и т.п. на металлические части каркаса здания, что приводит к коррозии?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Выполнение уравнивания потенциалов в соответствии с п. 1.7.82 ПУЭ 7-го изд. не ухудшает, а улучшает условия коррозионной стойкости металлических частей каркаса здания в сравнении с условиями, в которых они оказывались при выполнении указаний ПУЭ 6-го изд. Это определяется следующими факторами:

– уменьшается значение разности потенциалов между различными сторонними проводящими частями, что снижает вероятность возникновения (и/или уменьшает значения) блуждающих и др. токов между ними как в нормальном, так и в аварийных режимах;
– вследствие соединения основной системы уравнивания потенциалов с нулевым защитным проводником (PE-проводником) всегда имеется организованная цепь для протекания токов утечки и токов короткого замыкания, что уменьшает значение части тока, протекающего по металлическим конструкциям здания.

В существующих электроустановках зданий, выполненных согласно ПУЭ 6-го изд. без системы уравнивания потенциалов, токи в металлоконструкциях зданий достигают больших значений и соответственно увеличенные разности потенциалов между ними создают благоприятные условия для образования контуров блуждающих токов.

Условия коррозионной стойкости металлоконструкций зданий будут тем лучше, чем более тщательно выполнены соединения не только на главной заземляющей шине в соответствии с п. 1.7.82, но и в других местах сочленений металлоконструкций каркаса здания.



Сергей Агарков,
Назаровский филиал ОАО «СУЭК»

В п. 1.7.96 (ПУЭ 7-го изд.) сказано, что «сопротивление заземляющего устройства в электроустановках с изолированной нейтралью напряжением выше 1 кВ – не более 10 Ом». В «Правилах безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом» (утверждены Госгортехнадзором РФ 30.05.2003 № 45), п. 509: «сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом». Нет ли здесь противоречия?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Противоречия нет. Пункт 1.7.96 ПУЭ 7-го изд. ограничивает сопротивление заземляющего устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью максимальным значением 10 Ом, которое не должно быть превышено ни в каких условиях. Минимальное значение сопротивления заземляющего устройства не ограничивается. Поскольку сопротивление заземляющего устройства должно одновременно соответствовать условию $R \leq 250 / I$, в зависимости от значения тока замыкания на землю оно может быть менее не только 10 Ом, но и 4 Ом.

В соответствии с п. 1.1.1 ПУЭ, устройство специальных электроустановок, не рассмотренных в разделе 7, к которым относятся установки на предприятиях по разработке угольных месторождений открытым способом, должно регламентироваться другими нормативными документами, в т.ч. ведомственными.



Наталья Пыжьянова,
начальник службы перспективного развития Свердловских городских электрических сетей

Какими нормативными документами утверждено обязательное применение 4-жильных ЛЭП с жилами равного сечения в городских распределительных сетях 0,4 кВ? Если нет, то планируется ли это сделать?



В. Зозуля,
начальник электротехнической инспекции ГУ «Леноблгосэнергонадзор»
Т. Шевчук,
ведущий специалист отдела по сертификации и лицензионной работе ГУ «Леноблгосэнергонадзор»

Обязательность применения всех проводов одинакового сечения в четырехпроводных ЛЭП нормативными документами не установлена и не предполагается в будущем. Общие требования к сечениям фазных, совмещенного (PEN) и защитного (PE) проводников в сетях напряжением 0,4 кВ приведены в пп. 1.7.126, 1.7.127, 1.7.131 ПУЭ 7-го изд. Сечение PEN-проводника во всех случаях должно быть не менее 10 мм^2 по меди (16 мм^2 по алюминию).

В сетях наружного освещения, питающих осветительные приборы с разрядными лампами, сечение фазных и нулевых рабочих проводников регламентируется п. 6.3.37 ПУЭ 7-го изд. В однофазных цепях сечение нулевых рабочих проводников должно быть равным фазному. В трехфазных цепях при одновременном отключении всех фазных проводов линии сечение нулевых рабочих проводников должно выбираться:

– для участков сети, по которым протекает ток от ламп с компенсированными пускорегулирующими аппаратами, – равным фазному независимо от сечения;
– для участков сети, по которым протекает ток от ламп с некомпенсированными пускорегулирующими аппаратами, – равным фазному при сечении фазных проводников менее или равном 16 мм^2 для медных и 25 мм^2 для алюминиевых проводов и не менее 50% сечения фазных проводников при больших сечениях, но не менее 16 мм^2 для медных и 25 мм^2 для алюминиевых проводов.

При выборе сечения проводников для электроустановок силовых, осветительных и вторичных цепей напряжением до 1000 В, выполняемых внутри зданий и сооружений, а также на их наружных стенах и в непосредственной близости от них, необходимо руководствоваться следующим (ПУЭ 7-го изд., глава 7.1, ГОСТ Р 50571.15-97).

Сечение нулевого рабочего проводника должно быть тем же самым, что и фазных проводников:

– в однофазных двухпроводных цепях независимо от сечения;
– в много- и однофазных трехпроводных цепях при сечении проводников менее или равном 16 мм^2 для медного и 25 мм^2 для алюминиевых проводников.

В многофазных цепях, в которых сечение каждого фазного проводника превышает 16 мм^2 для медного и 25 мм^2 для алюминиевого проводников, нулевой рабочий проводник может иметь меньшее по сравнению с фазными проводниками сечение при одновременном выполнении следующих условий:

– ожидаемый максимальный ток, включая гармоники, если они есть, в нулевом рабочем проводнике при нормальной эксплуатации не превышает значения допустимой нагрузки по току для уменьшения сечения нулевого проводника. (*Примечание. Нагрузка на цепь при ее нормальной эксплуатации должна практически равномерно распределяться между фазами.*);
– нулевой рабочий проводник защищен от сверхтоков в соответствии с требованиями п. 473.3.2 ГОСТ 30331.9/ГОСТ Р 50571.9;
– сечение нулевого рабочего проводника по крайней мере равно 16 мм^2 для медного и 25 мм^2 для алюминиевых проводников.

Сечение PE проводников должно равняться сечению фазных при сечении последних до 16 мм^2; 16 мм^2 при сечении фазных проводников до 35 мм^2 и 50% сечения фазных проводников при больших сечениях.

Сечение PE проводников, не входящих в состав кабеля, должно быть не менее 2,5 мм^2 при наличии механической защиты и 4 мм^2 при ее отсутствии.



Карэн Микаэлян,
«Армпромпроект»

По требованиям иностранных фирм, для объектов связи нормируемое сопротивление заземляющего устройства (ЗУ) – 0,5 Ом. Существуют ли нормативные документы в РФ, допускающие возможность повысить нормированное сопротивление ЗУ в зависимости от удельного сопротивления грунта?



Лионора Измайлова,
главный специалист
ОАО Институт «Энергосетьпроект»

Согласно ГОСТ 464-79 «Заземления для стационарных установок проводной связи, радиорелейных станций, радиотрансляционных узлов и антенн систем коллективного приема телевидения», предприятия связи оборудуются рабочим, защитным и измерительным заземляющими устройствами. Если плюсы источников тока заземлены, то можно организовать одно рабоче-защитное и одно измерительное заземляющие устройства.

Согласно п. 1.4 указанного ГОСТа, «сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединяются нейтрали обмоток генераторов и трансформаторов, при удельном сопротивлении грунта до 100 Ом не должно быть более: 2 Ом – для установок напряжением 660/380 В; 4 Ом – напряжением 380/220 В; 8 Ом – напряжением 220/127 В. При удельном сопротивлении грунта более 100 Ом допускается повысить значение сопротивления заземляющего устройства не более чем в десять раз».

Согласно п. 2.1.5, «Сопротивление рабочих или рабоче-защитных заземляющих устройств линейно-аппаратных цехов, опорных пунктов, обслуживаемых усилительных пунктов, питающих дистанционно необслуживаемые или регенерационные пункты по схеме «провод–земля», должно быть определено исходя из падения напряжения на заземляющем устройстве от тока дистанционного питания не более 12 В».

Однако сопротивление рабочих или рабоче-защитных устройств должно быть не более значений, указанных в п.1.4. Сопротивление измерительного заземляющего устройства не должно быть более 100 Ом в грунтах с удельным сопротивлением до 100 Ом и 200 Ом – в грунтах с удельным сопротивлением более 100 Ом (п.1.7).



Сергей Викторов,
«Транспроект»

Пункт 1.7.83 ПУЭ 7-го изд. требует включать в дополнительную систему уравнивания потенциалов в том числе защитные проводники штепсельных розеток. С моей точки зрения, если выполнить данное требование для стандартной розетки путем присоединения проводника дополнительного уравнивания потенциалов под тот же зажим, что и PE-проводника, и вывести проводник уравнивания потенциалов, например, к сторонней проводящей части, то эстетический вид проводки (особенно для большого количества розеток) трудно представить. Ведь на расстоянии 2,5 м может быть много сторонних проводящих частей. Можно ли дать практические рекомендации по выполнению данного требования?



Юрий Харечко,
главный специалист ООО «РиА-Союз»

Дополнительная система уравнивания потенциалов выполняется в помещениях с высокой вероятностью поражения электрическим током, например, в ванных комнатах. Требования п. 1.7.83 ПУЭ 7-го изд. предписывают присоединение защитных контактов штепсельных розеток к дополнительным проводникам системы уравнивания потенциалов. Современные штепсельные розетки имеют два зажима для подключения защитных проводников. К первому зажиму присоединяется защитный проводник, ко второму

зажиму – дополнительный проводник системы уравнивания потенциалов. При выполнении дополнительной системы уравнивания потенциалов в ванной комнате ко всем сторонним проводящим частям, к открытым проводящим частям стационарного электрооборудования класса I и к защитным контактам штепсельных розеток присоединяются дополнительные проводники системы уравнивания потенциалов. Между собой дополнительные проводники системы уравнивания потенциалов можно соединить с помощью зажимов (шины), которые размещаются в ответвительной коробке со степенью защиты не менее IP54.



Виктория Потапова,
ЗАО «Ирбис»

Правильно ли я поняла, что в соответствии с ПУЭ 7-го изд. (п. 1.7.82.2 и 1.7.82.3) допускается выполнение основной системы уравнивания потенциалов для объектов с системой TN (напряжение до 1 кВ), запитывающихся не по воздушной линии, а кабелем, без выполнения наружного заземляющего контура на вводе в данный объект, т.е. без повторного заземления нулевого проводника? А главную заземляющую шину проектируемого объекта достаточно соединить с PEN-проводником кабеля, тем самым соединить с заземляющим устройством нейтрали трансформатора на подстанции? В п. 1.7.61 для системы TN только рекомендуется, а не обязательно к применению повторное заземление PEN-проводника на вводе в здание, выполненное кабелем. В жилом доме со старой двухпроводной системой электропроводки меняют все трубы водопровода на пластмассовые. Ванны остались без заземления и уравнивания потенциалов. Как быть в этом случае?



Михаил Соловьев,
заместитель руководителя Департамента государственного энергетического надзора, лицензирования и энергоэффективности Минэнерго РФ

Требования ПУЭ 7-го изд. распространяются только на вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки. При ремонтах, в том числе и капитальных, обеспечение электробезопасности должно производиться по требованиям предыдущих изданий ПУЭ.

Выполнение основной системы уравнивания потенциалов для вновь вводимых и реконструируемых электроустановок является обязательным в случаях использования в качестве защитной меры автоматического отключения питания. Одним из основных элементов системы уравнивания потенциалов является главная заземляющая шина, к которой присоединяется не только PEN-проводник питающей линии (кабеля), но и все металлические части здания, в том числе и металлический каркас здания. При наличии железобетонных фундаментов, что имеет место в подавляющем большинстве случаев, мы получаем естественный повторный заземлитель, на что и указано в п.1.7.61. Соединения с главной заземляющей шиной только PEN-проводника питающей кабельной линии недостаточно, должны быть выполнены указания пп. 1.7.82 и 1.7.119.

При ремонтах зданий без реконструкции электроустановки необходимо обеспечить сохранение всех имевшихся в ванных комнатах соединений открытых проводящих частей и предусмотреть дополнительную их связь с защитным проводником (в данном случае с PEN-проводником) или проложить дополнительный проводник из ванной комнаты к шинке PEN ближайшего щитка.



Евгений Большедворский,
ТОО «Авангард Проект»

Объясните, пожалуйста, необходим ли монтаж контура заземления в многоэтажных жилых зданиях? Насколько известно, до недавних времен контур заземления в такого рода зданиях не выполнялся.



Юрий Харечко,
главный специалист ООО «РиА-Союз»,

Электроустановка многоэтажного жилого здания должна иметь заземляющее устройство, с помощью которого обеспечивается заземление PEN-проводника (защитного проводника) на вводе, осуществляется защита электроустановки здания от импульсных перенапряжений, выполняется заземление сторонних проводящих частей, решаются вопросы защиты здания от попадания молнии и др. В главе 1.7 ПУЭ 7-го изд. нет требования об обязательном выполнении заземляющего устройства для электроустановки здания (однако на рис. 1.7.7 заземляющее устройство показано). О наличии заземляющего устройства в электроустановке здания прямо или косвенно говорится в требованиях п. 413.1.2.1 ГОСТ Р 50571.3, п. 542.4.1 и приложения «В» ГОСТ Р 50571.10.

В качестве заземлителя электроустановки многоэтажных жилых домов используется, как правило, его железобетонный фундамент (присоединение сторонних проводящих частей – металлического каркаса здания, п. 1.7.82 ПУЭ 7-го изд. – к главной заземляющей шине).



Сергей Норкин,
ЗАО «ЭлеСи»

В соответствии с ГОСТ Р 50571.10 (п. 543.1.3) во всех случаях сечение защитных проводников, не входящих в состав кабеля, должно быть не менее 2,5 мм^2 (при наличии механической защиты). А по ГОСТ Р 50571.15 (п. 524.2) сечение PEN-проводника должно быть тем же самым, что и сечение фазного проводника. Если фазный провод имеет сечение 1,5 мм^2, то почему защитный проводник PE должен иметь сечение 2,5 мм^2, а по ГОСТ Р 50571.15 проводник PEN в том же случае может быть равен сечению фазного проводника (все проводки выполнены в закрытых коробах)?



Юрий Харечко,
главный специалист ООО «РиА-Союз»

В п. 524.2 ГОСТ Р 50571.15 допущена ошибка. Сечение PEN-проводника не может быть менее 10 мм^2 по меди (см. п. 546.2.1 ГОСТ Р 50571.15, п. 413.1.3.2 ГОСТ Р 50571.3 и п. 1.7.131 ПУЭ 7-го изд.). Защитный проводник (нулевой защитный проводник) выполняет функции защитного проводника. PEN-проводник выполняет функции защитного проводника и нулевого рабочего проводника. Поэтому недопустимо сравнение их сечений так, как это сформулировано в вопросе. Сечение защитного проводника, который выполнен в виде одной из жил многожильного кабеля, может быть равным 1,5 мм^2, если фазные проводники (жилы кабеля) имеют такое же сечение (см. п. 543.1.2 ГОСТ Р 50571.10). Если электропроводка выполняется одножильными проводами, то сечение защитного проводника должно быть не менее 2,5 мм^2. В п. 1.7.127 ПУЭ 7-го изд. сказано: «Во всех случаях сечение медных защитных проводников, не входящих в состав кабеля или проложенных не в общей оболочке (трубе, коробе, на одном лотке) с фазными проводниками, должно быть не менее:

2,5 мм^2 – при наличии механической защиты;
4 мм^2 – при отсутствии механической защиты.

Сечение отдельно проложенных защитных алюминиевых проводников должно быть не менее 16 мм^2».



Сергей Шахворостов,
ЗАО «Электроконтакт»

ГОСТ Р 50669 требует выполнения заземления корпуса мобильного здания из металла в системе ТТ. Причем сопротивление заземляющего устройства примерно равно 300 Ом (для УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током 30 мА). Энергонадзор в настоящее время требует наличия заземляющего устройства сопротивлением не более 10 Ом. ПУЭ 7-го изд. не внесло полной ясности в этот вопрос. Объясните, почему именно 10 Ом? На наш взгляд, автоматический выключатель в точке подключения всё равно не отключит замыкание на корпус здания. Или в точке подключения нужно обязательно устанавливать УЗО, как это было предписано стандартом первоначально?



Юрий Харечко,
главный специалист ООО «РиА-Союз»

Первоначально требованиями ГОСТ Р 50669 предписывалась установка УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током $I_{\Delta n}$ 0,03 А в месте подключения электроустановки здания из металла к электрической сети (например, на опоре ВЛ). Позднее это требование было исключено из текста стандарта. УЗО устанавливается на вводе в электроустановку здания из металла (во ВРУ). Оно должно обеспечивать автоматическое отключение питания при появлении на какой-либо открытой проводящей части электрооборудования класса *I* напряжения 12 В и более.

Максимальное сопротивление заземляющего устройства, при котором УЗО может сработать, равно: 12 В / (1,4×0,03 А) = 285 Ом. При этом время срабатывания УЗО будет не более 0,3 с (табл. 1 ГОСТ Р 51326.1). Фактическое значение сопротивления заземляющего устройства должно быть менее 285 Ом.

В проекте новой редакции стандарта МЭК 60364-4-41 установлены максимальные значения времени автоматического отключения питания для системы ТТ, равные 0,2 с при фазном напряжении более 120 до 230 В и 0,07 с – более 230 до 400 В. УЗО типа АС и типа А сработают в течение указанного времени при появлении синусоидальных токов замыкания на землю, соответственно равных 2 $I_{\Delta n}$ и 5 $I_{\Delta n}$. УЗО типа А сработает при появлении пульсирующих токов замыкания на землю, соответственно равных 1,4×2 $I_{\Delta n}$ и 1,4×5 $I_{\Delta n}$. Максимальное значение сопротивления заземляющего устройства в самых неблагоприятных условиях равно: 12 В / (1,4×5×0,03 А) = 57 Ом. Для обеспечения условий автоматического отключения питания сопротивление заземляющего устройства электроустановки здания из металла в системе ТТ должно быть не более 57 Ом.

Проводники ввода в здание должны иметь изоляцию, соответствующую требованиям п. 4.2.7 ГОСТ Р 50669, что исключает замыкание фазного проводника на корпус здания до вводного УЗО. Поэтому нецелесообразно устанавливать УЗО в точке подключения электроустановки здания к электрической сети.



Дмитрий Шамров,
ООО «Юникс»

Кабель какого сечения необходимо использовать при подключении силовых и осветительных щитков электроустановки административного здания (система TN-C-S) при условии, что их нагрузка невелика (1,5–2 кВт)? Согласно ПУЭ 7-го изд. (п. 1.7.82 и рис. 1.7.7) РЕ-шины щитков необходимо подсоединять к основной системе уравнивания потенциалов, сечение проводников которой должно быть не менее 6 мм^2 по меди (п. 1.7.137), что при такой нагрузке слишком много.



Юрий Харечко,
главный специалист ООО «РиА-Союз»

В соответствии с требованиями п. 1.7.82 ПУЭ 7-го изд., к основной системе уравнивания потенциалов подключается защитный проводник на вводе в электроустановку здания (РЕ-шина вводно-распределительного или вводного устройства). Защитные шины других распределительных устройств, к которым подключаются нулевые защитные проводники, могут быть включены в дополнительную систему уравнивания потенциалов.

Поэтому сечения проводников, к которым подключаются щитки, выбираются исходя из электрических нагрузок, допустимой потери напряжения и др. Потери напряжения в электроустановках зданий не должны превышать 4% от номинального напряжения (раздел 525 ГОСТ Р 50571.15). Выполнение указанного

требования может повлечь за собой применение проводников, имеющих сечение 6 мм^2 и более. Следует также проверить время автоматического отключения питания, которое не должно превышать значений табл. 1.7.1 ПУЭ. Если аппараты защиты от сверхтока имеют большее время отключения, то следует или увеличивать сечения проводников электропроводок, или защищать электрические цепи УЗО.



Николай Гаращенко,
«ЭлексКом»

Является ли нарушением при монтаже групповой трехпроводной сети (система TN-S) выполнение соединения клеммником в электромонтажной коробке проводника PE, приходящего от распредщитка с PE-проводниками, отходящими от коробки к розеткам, осветительным приборам? Какие документы подтверждают или запрещают такой монтаж?



Михаил Соловьев,
заместитель руководителя Департамента государственного энергетического надзора, лицензирования и энергоэффективности Минэнерго РФ

Как правило, подобные указания содержатся в монтажных инструкциях, а не в нормативно-технических документах. Контактные соединения каких-либо проводников допускаются любыми способами, обеспечивающими непрерывность электрической цепи и выполнение требований ГОСТ 10434 «Соединения контактные электрические. Общие технические требования» ко 2-му классу соединений (п. 1.7.139 ПУЭ 7-го изд.).



Владимир Зотов,
ООО «Интант-Сервис»

Часто в существующих жилых зданиях монтируются сети ЭВМ. Реконструкция электроустановок зданий не проводится, так как нагрузка сетей ЭВМ значительно меньше бытовой нагрузки. Сеть ЭВМ обеспечивается электроэнергией от самостоятельного РЩ, который присоединяется к ВРУ здания с помощью пятипроводной электропроводки сечением 6 мм^2 по меди, имеющей три фазных, нулевой рабочий и нулевой защитный проводники. Электроустановки зданий подключены к ТП, расположенным на расстоянии 100–150 м, с помощью кабелей, имеющих PEN-жилы сечением 50 мм^2 по алюминию. Можно ли в данном случае реализовать систему TN-C-S и как выполнить главную заземляющую шину?



Юрий Харечко,
главный специалист ООО «РиА-Союз»

При создании новой части электроустановки здания, которая обеспечивает электроэнергией сеть ЭВМ, следует руководствоваться требованиями комплекса ГОСТ Р 50571 «Электроустановки зданий» и ПУЭ 7-го изд.

Прежде всего, в новой части электроустановки здания должна быть обеспечена защита человека от поражения электрическим током. Одной из основных мер защиты является автоматическое отключение питания, которое предусматривает соединение PEN-проводника питающего кабеля с главной заземляющей шиной. Главная заземляющая шина является частью заземляющего устройства (п. 1.7.37 ПУЭ). Поэтому следует смонтировать заземляющее устройство, если электроустановка здания его не имеет.

Сопротивление заземляющего устройства не нормируется (п. 1.7.61 ПУЭ). Главную заземляющую шину лучше выполнить отдельно и соединить с нулевой защитной шиной (PE-шиной), которую следует установить во ВРУ, но можно ее функции возложить на нулевую защитную шину ВРУ (пп. 1.7.119–1.7.120 ПУЭ). PEN-проводник кабельной линии присоединяется к PE-шине ВРУ. Шины N и PE ВРУ соединяются двумя перемычками по их краям для более равномерного распределения тока.

В новой части электроустановки здания должно быть обеспечено время срабатывания защитной аппаратуры, не превышающее значений табл. 1.7.1 ПУЭ, а также выполнены другие защитные мероприятия, предусмотренные нормативными документами.

При указанном построении электрических цепей защитных проводников можно реализовать тип заземления системы TN-C-S в новой части электроустановки здания.



Владимир Кукса,
ЗАО «МЗМО»

Допускается ли производить внешнее электрическое подключение силового электрического шкафа по следующей схеме: 5-проводный ввод 5-жильным кабелем на блок из 5 зажимов, один из которых – заземляющий PE? Блок зажимов устанавливается на DIN-рельс, который прикручивается к монтажной плите. Затем заземляющий провод с PE-зажима прокладывается в кабель-канале и заземляется на монтажную плиту под болтовое соединение и далее на корпус шкафа на шпильку заземления.

Допускается ли производить подключение внешней нагрузки, например 3-фазного электродвигателя, через блок зажимов, установленный на том же DIN-рельсе по схеме: 4 зажима, один из которых – заземляющий PE? В п. 1.7.39 ПУЭ 7-го изд. сказано: «Контактные соединения каких-либо проводников допускаются любыми способами, обеспечивающими непрерывность электрической цепи и выполнение требований ГОСТ 10434 «Соединения контактные электрические. Общие технические требования ко 2-му классу соединений». В то же время в сертификатах соответствия фирм Wieland, Weidmueller указано соответствие зажимов требованиям ГОСТ Р 50043.1, ГОСТ Р 50030.7.1, ГОСТ Р 50030.7.2. А в сертификате

соответствия Wago указано на соответствие зажимов требованиям ГОСТ Р 50043.1, ГОСТ Р 50043.3, ГОСТ Р 10434. То есть в ПУЭ сказано одно, в сертификатах (кроме одного) – другое. Могу ли я применять заземляющие зажимы любого из указанных изготовителей? Насколько корректна вышеуказанная схема с точки зрения доступности для осмотра защитных проводников (требование ПУЭ)?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

В вопросе нет четкости относительно схемы подключения PE-проводников и способов их прокладки (за исключением участка между PE-зажимом и монтажной плитой, проложенного в кабель-канале). В частности, не указано, является ли силовой шкаф вводным или локальным шкафом электроустановки, является ли он шкафом распределения электроэнергии или шкафом управления электроприводами; имеется ли в нем PE-шина для подключения отходящих PE-проводников; является ли блок зажимов, к которому подключается вводный пятижильный кабель, общим вводным блоком всего шкафа в целом или таких блоков с 5-ю зажимами в шкафу несколько и к каждому из них подключается своя панель с аппаратурой распределения или управления, предназначенная для питания или управления одним потребителем (электроприемником) или группой потребителей (электроприемников); является ли монтажная плита элементом, используемым в качестве естественного заземлителя повторного заземления на вводе в шкаф, или сторонней проводящей частью (панелью для установки аппаратов, являющейся частью шкафа), подлежащей присоединению к основной или дополнительной системе уравнивания потенциалов.

1. Поскольку правильность ответа о подключении PE-проводников на стороне питающего 5-жильного кабеля зависит от названных и некоторых других условий, ответ может быть дан только частично. При этом предполагается, что шкаф не является вводным (вводно-распределительным) шкафом электроустановки.

Если от шкафа питается несколько электроприемников по самостоятельным линиям и в шкафу имеются раздельные PE-шина и N-шина, PE-зажим блока зажимов должен быть подключен к PE-шине шкафа, а от него должны радиально расходиться PE-проводники всех назначений: к отходящим PE-зажимам каждого из питающихся от шкафа электроприемников, к корпусу шкафа для его заземления и к монтажной плите, независимо от того, является ли она заземлителем повторного заземления или сторонней проводящей частью.

Если от шкафа питается только один электроприемник, PE-проводники всех указанных выше четырех назначений (PE-проводник вводного кабеля, PE-проводник к PE-зажиму выходного блока зажимов, PE-проводник заземления корпуса шкафа и PE-проводник присоединения к монтажной плите) должны отходить радиально от PE-зажима входного блока зажимов. Однако соединение под один зажим четырех проводников не представляется надежным. Поэтому для присоединения отходящих проводников должна быть применена переходная пластина-шинка либо какое-то другое устройство. Использование монтажной плиты в качестве такого устройства допустимо, если обеспечивается видимость, надежность и доступность всех выполненных присоединений к монтажной плите и возможность отсоединения их, каждого по отдельности, а также если демонтаж монтажной плиты невозможен без демонтажа всего шкафа в целом.

2. Подключение внешней нагрузки, например трехфазного электродвигателя, через блок зажимов, установленный на том же DIN-рельсе по схеме: 4 зажима, один из которых является нулевым защитным (PE) проводником, допустимо.

3. Требования ПУЭ, в том числе п. 1.7.139, распространяются на выполняемые в процессе электромонтажных работ присоединения к электрооборудованию (электротехническим изделиям заводского изготовления) внешних входящих и отходящих проводников. На изделия: комплектные устройства распределения электроэнергии и управления, аппараты защиты и управления, электродвигатели и др. – требования ПУЭ не распространяются. Электротехнические изделия должны соответствовать стандартам или техническим условиям, на основании которых они выполнены.

Ссылка фирм-изготовителей зажимов на ГОСТ серии Р 50030 «Низковольтная аппаратура распределения и управления» и серии Р 50043 «Соединительные устройства для низковольтных цепей бытового и аналогичного назначения» является правомерной.



Виктор Шликов,
ПУМГ

Нормативы сопротивления заземлителей для повторных заземлений нулевого провода ВЛ, указанные в п. 1.7.103 ПУЭ 7-го издания, даны с учетом подсоединенного или отсоединенного PEN-проводника воздушной линии?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

В данном пункте приводятся как общие значения сопротивлений всех повторных заземлителей, так и сопротивление каждого отдельного заземлителя. В эксплуатации отдельно производится измерение значений сопротивления подстанции и каждого повторного заземлителя на воздушной линии электропередачи при отсоединенном PEN-проводнике (или PE-проводнике) линии.



Дмитрий Яцунок,
П-Инвест

В ПУЭ 7-го изд. устанавливаются требования к сечениям PE-проводников, а также говорится, что возможно использование в качестве PE-проводников металлической оболочки кабелей. Воз-

можно ли использовать металлическую оболочку кабеля в качестве единственного РЕ-проводника, если её сечение не эквивалентно требуемому сечению для РЕ-проводника по 1.7 ПУЭ?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Требования к сечению (проводимости) РЕ-проводников установлены п. 1.7.126 ПУЭ 7-го изд.

В упомянутом случае допустимость использования металлической оболочки кабеля в качестве единственного РЕ-проводника должна быть проверена по условиям, приведенным в упомянутом пункте. Сечение металлической оболочки должно соответствовать значениям по таблице 1.7.5 ПУЭ 7-го изд. или условию термической стойкости (только для времени отключения не более 5 с), приведенному в п. 1.7.126 ПУЭ 7-го изд.:

$$S \geq I\frac{\sqrt{t}}{k},$$

где S – площадь поперечного сечения РЕ-проводника в мм^2;

I – ток короткого замыкания в цепи, обеспечивающий время отключения цепи защитным аппаратом в соответствии с п. 1.7.79 ПУЭ;

t – время срабатывания защитного аппарата;

k – коэффициент, зависящий от материала защитного проводника (в данном случае – оболочки), его изоляции, начальной и конечной температур (см. табл. 1.7.6 – 1.7.9 ПУЭ 7-го изд.).

Применение металлической оболочки сечением меньшим, чем требуется по вышеприведенному условию, в качестве единственного проводника недопустимо.

Если оболочка кабеля выполнена из материала, отличающегося от материала линейных проводников, сечение РЕ-проводника, указанное в табл. 1.7.5, должно быть пересчитано на эквивалентную проводимость по формуле:

$$S_{об} \geq \frac{k_1}{k_2} S_{ре},$$

где k_1 – коэффициент k для материала линейного проводника;

k_2 – коэффициент k для материала оболочки кабеля;

$S_{об}$ – требуемое сечение оболочки;

$S_{ре}$ – сечение РЕ-проводника по таблице 1.7.5.



Александр Яковлев,
МП «Тихвинская горэлектросеть»

Согласно ПТЭЭП (приложение 3, п. 28.4), ток однофазного КЗ должен составлять не менее:

- **трехкратного значения номинального тока плавкой вставки предохранителя;**
- **трехкратного значения номинального тока нерегулируемого расцепителя автоматического выключателя с обратнозависимой от тока характеристикой;**
- **трехкратного значения уставки по току срабатывания регулируемого расцепителя автоматического выключателя с обратнозависимой характеристикой.**

Это противоречит п. 1. 7. ПУЭ 7-го изд. Прошу дать разъяснения, какими правилами руководствоваться при проверке петли «фаза–ноль».



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

При проверке срабатывания защиты при однофазном коротком замыкании в электроустановках с глухозаземленной нейтралью (системы TN-C, TN-C-S, TN-S) следует выполнять требования пп. 1.7.78 и 1.7.79 ПУЭ 7-го изд. Т.е. ток однофазного короткого замыкания должен быть таким, чтобы время отключения защитным аппаратом поврежденной цепи соответствовало значениям, нормированным п. 1.7.79: 0,4 с – для розеточных цепей (переносные и передвижные электроприемники) при напряжении 220 В и 5 с – для стационарных электроприемников и распределительных и других щитов и щитков.

В тех случаях, когда время отключения превышает значения, нормированные п. 1.7.79 ПУЭ 7-го изд., должна быть выполнена система дополнительного уравнивания потенциалов в соответствии с п. 1.7.83 ПУЭ. В таких случаях допускается также применение УЗО, реагирующих на дифференциальный ток.

При выполнении испытаний время срабатывания защитного аппарата может быть либо замерено, либо определено по обратнозависимой характеристике аппарата на основании значения тока однофазного короткого замыкания, определенного расчетом на основании замеров сопротивления цепи «фаза–ноль».

Требование ПТЭЭП сформулировано на основании п. 1.7.79 ПУЭ 6-го изд., нормировавшего трехкратное значение тока в поврежденной цепи без указания времени срабатывания защитного аппарата, что не обеспечивает безопасность людей при косвенном прикосновении.



Сергей Мельник,
ОАО «Петроэлектропроект»

Допускается ли использование контура заземления (стальная шина 4х40) в качестве РЕ – нулевого защитного проводника, если учесть, что проводимость стали в 7 раз хуже меди (активная проводимость), а при коротком замыкании резко увеличивается индуктивное сопротивление, а также с учетом требований ПУЭ 7-го изд. (пп. 1.7.128, 1.7.131, 1.7.132 и т.п.)?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Пункт 1.7.121, подп. 1, ПУЭ 7-го изд. разрешает использовать в качестве защитных (РЕ) проводников (в т.ч. и нулевых защитных проводников) стационарно проложенные неизолированные проводники.

Защитные проводники должны соответствовать условию термической стойкости к току однофазного короткого замыкания (формула $S \geq I\sqrt{t}\,/\,k$,

п. 1.7.126 ПУЭ), либо сечение нулевых защитных проводников должно быть эквивалентно по проводимости сечениям, приведенным в таблице 1.7.5 для проводников, изготовленных из того же материала, что и фазные проводники. В соответствии с п. 1.7.128 нулевые защитные проводники рекомендуется прокладывать в непосредственной близости от фазных проводников вследствие увеличения индуктивного сопротивления цепи при увеличении расстояния между фазными проводниками и нулевым защитным проводником. Соответствие времени отключения при однофазном коротком замыкании требованиям п. 1.7.79 и таблицы 1.7.1 должно быть подтверждено расчетом и проверено при выполнении наладочных работ.

Требования пп. 1.7.131 и 1.7.132 распространяются на PEN-проводники, использование с этой целью неизолированной шины недопустимо.

В любом случае время отключения поврежденной цепи при однофазном коротком замыкании, в соответствии с п. 1.7.79 ПУЭ 7-го изд., не должно превышать 0,4 с для розеточных цепей и 5 с для цепей, питающих распределительные щитки со стационарными электроприемниками, в том числе и при выполнении одного из указанных в упомянутом пункте условий.



Андрей Котов,
ООО «Строф ПМ»

При применении для одного здания двух заземляющих устройств – на 10 и на 2 Ом, как и через какой прибор следует соединить два ЗУ на вводе и следует ли вообще соединять два ЗУ – рабочее и технологическое?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

В соответствии с п. 1.7.55 ПУЭ, в территориально сближенных электроустановках разных назначений и напряжений, независимо от количества вводных распределительных устройств в здании, следует, как правило, применять одно общее заземляющее устройство, удовлетворяющее требованиям всех заземляемых электроустановок. Если для рабочего (функционального) заземления требуется низкоомный заземлитель и этот заземлитель выполняется дополнительно к имеющемуся повторному заземлителю электроустановки здания, то эти два заземляющих устройства должны быть соединены между собой по крайней мере в однойединственной точке посредством присоединения их к главной заземляющей шине основной системы уравнивания потенциалов электроустановки здания (п. 1.7.82, подп. 8, ПУЭ 7-го изд.). Главная заземляющая шина в этом случае является точкой соединения рабочего (функционального) заземлителя и защитного.

Выполнение отдельных, не связанных между собой, защитного и рабочего заземлителей действующими нормативными документами, как отечественными (ГОСТ Р 50571.21, ГОСТ Р 50571.22), так и их международными оригиналами, не рассматривается.

Дополнительная информация имеется в «Пособии по выполнению заземления и уравнивания потенциалов оборудования информационных технологий. Меры защиты от электромагнитных воздействий» (УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО), Москва, 2004 г., тел./факс (495) 747-31-25, e-mail: niip@tst.ru).



Тарас Павлов,
ООО «Водалюкс-М»

Какая система должна применяться для защиты людей от поражения током при использовании погружных насосов в фонтанах? Возможно ли применить систему TN-S? И как рассчитать значение сопротивления заземления (насосы однофазные, напряжение 220 В, УЗО с уставкой 0,3 А)?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Для цепей, питающих электрооборудование, установленное в зоне *0* фонтана, могут быть применены следующие меры защиты людей от поражения электрическим током при косвенном прикосновении:

– сверхнизкое напряжение в сочетании с электрическим разделением цепей (БСНН) (п. 1.7.74 ПУЭ 7-го изд. и п. 411.1 ГОСТ Р 50571.3-94). Источник питания сверхнизким напряжением должен быть установлен вне зон *0* и *1* фонтана;

Примечание. *К зоне 0 относится пространство внутри чаши фонтана, к зоне 1 относится пространство, ограниченное вертикальной плоскостью, расположенной по краю чаши фонтана; вертикальной плоскостью, расположенной на расстоянии 2 м от края чаши фонтана; полом или поверхностью, на которых могут находиться люди, и горизонтальной плоскостью, расположенной на высоте 2,5 м над полом или поверхностью);*

– автоматическое отключение питания (п.1.7.78 ПУЭ 7-го изд. и п. 413.1 ГОСТ Р 50571.3-94) с применением устройств защитного отключения (УЗО), с номинальным дифференциальным током, не превышающим 30 мА (т.е. не 0,3 А, как указано в вопросе, а 0,03 А);

– защитное электрическое разделение цепей (п. 1.7.85 ПУЭ 7-го изд. и п. 413.5 ГОСТ Р 50571.3-94). Разделительный трансформатор должен быть установлен вне зон *0* и *1* фонтана.

Если при применении автоматического отключения питания открытые проводящие части присоединяются к отдельному заземлителю, такая система должна рассматриваться как система ТТ. Сопротивление заземлителя при этом следует определять по формуле:

$$R_а \cdot k \cdot I_а \leq U_{пр},$$

где $R_а$ – суммарное сопротивление заземлителя и заземляющего проводника;
$I_а$ – номинальный дифференциальный ток УЗО;

k – коэффициент кратности тока, обеспечивающий надежность срабатывания УЗО;

$U_{пр}$ – допустимое значение напряжения прикосновения, не превышающее 12 В.

Коэффициент k действующими нормативными документами не нормируется, но, по нашему мнению, он должен быть не менее 4–5-кратного.

В первых двух случаях все сторонние проводящие части, находящиеся в зоне *0* и зоне *1*, должны быть соединены между собой проводниками уравнивания потенциалов и присоединены к защитному проводнику цепи, питающей электрооборудование, расположенное в этих зонах. Присоединение к защитному проводнику может быть выполнено в ближайшем распределительном щите или в щитке, в котором установлены аппараты управления электрооборудованием указанных зон.

В России в настоящее время нет нормативного документа, регламентирующего специальные требования электробезопасности и указания по устройству электроустановок фонтанов. Предлагаемый ответ базируется на указаниях стандарта МЭК 60364-7-702, 1997 г. Electrical installations of buildings. Part 7: Requirements for special installations or locations. Section 702: Swimming pools and other basins («Электроустановки зданий. Часть 7: Требования к специальным установкам и помещениям. Раздел 702: Плавательные бассейны и другие водоемы»). На русский язык стандарт не переведен. На английском и французском языках стандарт может быть приобретен в Секретариате Российского национального комитета по участию в МЭК, тел./факс: (8-495) 259-43-62.

Следует также иметь в виду, что ответ охватывает лишь ту часть требований стандарта, которая была затронута вопросом.



Павел Малевский,
ООО «РС Безопасность»

Для подключения освещения периметра от ТП применена воздушная линия (до 1 кВ) с использованием кабеля ВВГнг 5х16, закрепленного на несущем стальном тросе. Опоры ВЛ выполнены из металлических труб, забетонированных в земле на глубине 2 метра. Высота опор – 5 метров. Расстояние между опорами – 50 метров. Прошу разъяснить и дать по возможности ссылки на нормативные документы, нужно ли выполнять заземление несущего троса или выполнить крепление к опорам через изоляторы?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора
Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Изолированное крепление к несущим конструкциям троса с закрепленным на нём кабелем не требуется.

В соответствии с п. 1.7.76, подп. 4, ПУЭ 7-го изд., на тросы с закрепленными на них кабелями и проводами, не имеющими заземленной металлической оболочки или брони, распространяются требования защиты при косвенном прикосновении. Кроме того, трос должен быть присоединен к металлической конструкции опоры по условию уравнивания потенциалов, которое должно быть выполнено в соответствии с п. 1.7.78 во всех электроустановках, где в качестве защитной меры применено автоматическое отключение питания. При наличии у кабеля металлической оболочки (брони) она должна иметь соединение с тросом и конструкцией опоры.

Обращаем внимание на то, что высота подвески кабеля на опорах должна обеспечить расстояние до земли не менее 5 м (см. п. 2.4.55 ПУЭ) при наибольшей стреле провеса, что невозможно обеспечить при высоте опоры 5 м и длине пролета 50 м.



Сергей Туманцев,
ООО «Энергооборудование»

Прошу объяснить причину, по которой требуют устанавливать освещение помещения не более 25 В. Помещение: трансформаторная подстанция 2500х5000х2430 из железобетона. Электрооборудование: распределительное устройство 400 В; распределительное устройство 6 кВ. Собственные нужды: обогреватель ~220 В; освещение ~25 В. Освещение выполнено на плафонах типа ПСХ IP54 с защитной решеткой и собрано по системе NPE ~25 В.

Почему обогреватель можно устанавливать на 220 В, а освещение – нет? Где конкретно имеется запрет на использование освещения более 25 В? Например, в ПТЭЭП указывается на использование в особо опасных помещениях сети низкого напряжения только на переносное освещение и переносной электроинструмент.



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

К сожалению, в вопросе нет указания на источник требования использовать для цепей освещения подстанций напряжение 25 В.

Применение напряжения 25 В является одним из способов защиты от поражения электрическим током при прямом и косвенном прикосновении в сочетании с защитным электрическим разделением цепей или в сочетании с автоматическим отключением питания (п. 1.7.73 ПУЭ). Кроме малого (сверхнизкого) напряжения, для защиты от поражения электрическим током могут быть использованы и другие способы, предусмотренные ПУЭ.



Анатолий Зайцев,
«Электрогаз»

Как известно, сопротивление заземляющих устройств сильно зависит от влажности грунта. В ПТЭЭП, п. 2.7.13, записано, что это измерение должно выполняться в период наибольшего высыхания (промерзания) грунта. В ПУЭ это тре-

бование отсутствует. Но объекты часто сдаются и весной, и осенью, при этом нет возможности ждать сухой погоды. При профилактических испытаниях инспекторы Ростехнадзора требуют проводить замеры перед началом грозового сезона, т.е. весной, в период, когда почва влажная. При этом они утверждают, что сезонные коэффициенты сопротивления заземлителей отменены и всё равно гроза сопровождается осадками. Но существуют сухие грозы, а молнии образуются часто после длительной засухи перед дождем. Прошу сообщить, действует ли РД 153-34.0-20.525-00, в котором есть расчет сезонных коэффициентов; можно ли применять расчет сезонных коэффициентов для электроустановок потребителей (производственные и жилые здания, сооружения, подстанции потребителей), используя таблицы РД 153-34.0-20.525-00? Если этот документ не действует или неприменим к электроустановкам потребителей, то как поступать?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Жестких требований о времени проведения измерений сопротивлений нормативные документы не содержат. В п. 1.7.56 приведено указание, подтверждающее необходимость учета сезонного значения удельного сопротивления земли, от которого в свою очередь зависит и значение сопротивления заземлителя. Однако официальным документом уполномоченных на это государственных органов сезонные коэффициенты не утверждались и соответственно не отменялись.

РД 153-34.0-20.525-00 является корпоративным документом, обязательным для использования в данной организации, однако его рекомендации могут использовать и другие организации.

Время проведения замеров сопротивлений заземляющих устройств устанавливает владелец (собственник) электроустановки, он же принимает решение, каким источником сезонных коэффициентов пользоваться для пересчета сопротивлений заземлителей, в том числе возможно использование таблиц РД 153-34.0-20.525-00.



Сергей Шеин,
ГУП «Салаватгипронефтехим»

Требуется подключить шины щита 0,4 кВ номинальным током 600 А кабелями к фидеру распределительного устройства. РУ-0,4 кВ типа ЩО-01 выполнено с раздельными шинами N и PE (система TN-S). Согласно ПУЭ, когда нулевой рабочий и нулевой защитный проводники разделены начиная с какой-либо точки электроустановки, не допускается объединять их за этой точкой по ходу распределения энергии. Каким образом подключить N и PE-шины щита 0,4 кВ, если пятижильные кабели сечением более 95 мм^2 заводами не выпускаются (щит 0,4 кВ удален от РУ 0,4 кВ)?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Вопрос сводится к выбору технического решения при проектировании, что невозможно без знания конкретных (местных) условий. В качестве вариантов могут быть рассмотрены: увеличение количества пятижильных кабелей, соединяющих РУ 0,4 кВ со щитом; выполнение питающей линии одножильными сбандажированными кабелями в металлической трубе соответствующего сечения.



Екатерина Насакина,
ООО «Газсантехмонтаж»

Как правильно проектировать заземляющий контур в жилом доме, нужен ли он вообще? Нагрузка однофазная. Ввод 220 В. Достаточно ли повторного заземления провода на опоре? Ситуация такова. Делаю исполнительную документацию на монтаж и пусконаладочные замеры. Не могу сделать протокол по замеру заземляющего контура и акт на заземление, паспорт з/устройства, а без них инспектор не принимает работу.

Заземление только на опоре в проекте. А в действительности электросеть не разрешает осуществить монтаж повторного заземления на опоре, т.к. опора принадлежит им. Фактически клиент должен заплатить электросети за повторное заземление опоры, хотя он уже заплатил за монтаж нашей организации?

Александр Шалыгин,
начальник ИКЦ Московского института энергобезопасности и энергосбережения

К сожалению, в вопросе не указано, каким проводом выполнена линия, неизолированным или СИП, и не назван материал опор.

Поскольку речь идет о новом проекте, то предположим, что он выполнен в соответствии с указаниями главы 2.4 и 1.7 ПУЭ 7-го изд., а опоры железобетонные.

Согласно требованиям п. 2.4.13 ПУЭ 7-го изд., «на ВЛ должны, как правило, применяться самонесущие изолированные провода (СИП)...». Нейтральный проводник СИП может использоваться в качестве PEN-проводника. При питании индивидуальных зданий ответвлением от ВЛ, в соответствии с требованиями п. 1.7.102 ПУЭ, «на вводах ВЛ к электроустановкам ... должны быть выполнены повторные заземления PEN-проводника. При этом в первую очередь следует использовать естественные заземлители, например, подземные части опор, а также заземляющие устройства, предназначенные для грозовых перенапряжений».

Если принято решение об использовании подземной части опор в качестве повторного заземлителя, то это должно быть в установленном порядке согласовано с владельцем сетей в части выполнения необходимых проектных и монтажных работ на действующей линии.

Если возникают какие-то проблемы, то можно рекомендовать выполнить повторное заземление непосредственно на вводе. Кроме того, данное решение обеспечивает более высокий уровень электробезопасности в электроустановке, так как исключается ненадежность проводов ответвления от ВЛ как элемента цепи защитного заземления.

Обращаем внимание, что если воздушная линия выполнена неизолированными проводами, то ее нейтральный проводник (нулевой рабочий) не может использоваться в качестве PEN-проводника по определению, как не имеющий необходимого уровня механической защиты, то есть электробезопасность в системе TN не может быть обеспечена. В этом случае, в соответствии с указаниями п. 1.7.59 ПУЭ, следует использовать систему защитного заземления ТТ.

В системе ТТ заземление должно выполняться непосредственно на вводе. Заземлитель должен быть независимым относительно повторного заземления линии.



Равиль Ишимтаев,
ОАО «ПечорПроект»

Электроснабжение торгового киоска выполнено кабелем от опоры воздушной линии. Инспектор энергонадзора, в соответствии с п. 4.2.6 ГОСТ Р 50669-94, требует установить на опоре УЗО. Но по п. 7.1.10 ПУЭ кабель от опоры ВЛ до ВРУ объекта считается питающей сетью и УЗО установлено в месте присоединения питающей сети к сети объекта, т.е. во ВРУ. Прав ли в этом случае инспектор энергонадзора?



Александр Шалыгин,
начальник ИКЦ Московского института энергобезопасности и энергосбережения
Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

В ГОСТ Р 50669-94 «Электроснабжение и энергобезопасность мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения. Технические требования» были внесены изменения, в частности, требование о необходимости установки УЗО на опоре в месте ответвления к вводу исключено.

Обращаем внимание всех проектировщиков и органов государственного энергетического надзора, что указанные объекты имеют повышенную опасность с точки зрения возможного поражения электрическим током и возникновения пожаров.

В соответствии с указаниями ГОСТ Р 50669, для этих объектов следует в качестве основной использовать систему защитного заземления ТТ, что предполагает отсутствие связи PE-проводника потребителя с PE- или PEN-проводником питающей линии и наличие независимого заземлителя у потребителя.

При использовании в установке потребителя системы защитного заземления TN-S, которая допускается вышеупомянутым стандартом (термин «допускается» – см. п. 1.1.17 ПУЭ 7-го изд. – «означает, что данное решение применяется в виде исключения как вынужденное...»), должен быть выполнен комплекс дополнительных мероприятий и документально подтверждено, что в электроустановке обеспечен необходимый уровень безопасности.

В ряде случаев, например, при питании объекта от ВЛ, выполненной неизолированными проводами, использовать систему TN-S не рекомендуется.

В случае, если возникают проблемы с выполнением независимого заземлителя у потребителя в системе ТТ, для защиты от косвенного прикосновения в установке используют и двойную изоляцию, и защитное электрическое разделение цепей, в соответствии с указаниями пп. 1.7.84 и 1.7.85 ПУЭ.



Ирина Мясникова,
ОАО «Гипросвязь СПб»

Пункт 1.7.79 ПУЭ определяет следующее время автоматического отключения питания при фазном напряжении 380 В:

0,2 сек. – для групповых цепей, питающих передвижные и переносные электроприемники;

5 сек. – для цепей, питающих распределительные, этажные и т.д. щитки.

Каково должно быть время автоматического отключения питания коммутационным аппаратом, установленным в трансформаторной подстанции на отходящей к потребителю линии?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)
Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Пункт 1.7.79 ПУЭ определяет значения времени автоматического отключения питания с точки зрения обеспечения электробезопасности людей, которые могут одновременно коснуться открытых проводящих частей электрооборудования при повреждении изоляции в электроустановке и сторонних проводящих частей, имеющих потенциал земли или близкий к нему.

Считается, что, если соответствующие защитные аппараты обеспечивают предусмотренные табл. 1.7.1 значения времени отключения и в здании выполнена основная система уравнивания потенциалов, то применение дополнительных мер защиты от поражения электрическим током не требуется. Если же время срабатывания защитных аппаратов превышает указанные значения, должны быть выполнены дополнительные меры: применение УЗО с номинальным дифференциальным током не более 30 мА наряду с аппаратом защиты от сверхтока, либо дополнительное уравнивание потенциалов, либо обе эти меры одновременно (например, для ванных комнат в соответствии с пп. 7.1.82 и 7.1.88).

Следует учитывать также, что значения, указанные в п.1.7.79, действительны для помещений без повышенной опасности. В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках значения времени отключения должны быть умень-

шены вдвое либо должна быть выполнена система дополнительного уравнивания потенциалов.

Время автоматического отключения питания защитным аппаратом, установленным в трансформаторной подстанции на отходящей к потребителю линии, в любом случае может быть принято в диапазоне 5 сек. В помещении (здании), являющемся конечным пунктом такой линии, должно быть выполнено уравнивание потенциалов. Если это помещение с повышенной опасностью, то напряжение прикосновения между любыми доступными прикосновению проводящими частями не должно превышать 25 В.



Александр Кулонов,
ООО «Энергопроект»

Некоторое высокоточное оборудование (телекоммуникационное, медицинское и т.п.) требует собственного, независимого внешнего контура заземления, никак не связанного с основным контуром заземления здания. Это противоречит требованию главы 1.7 ПУЭ о выполнении основной системы уравнивания потенциалов при вводе в здание. Но если выполнить требование ПУЭ и объединить независимый контур и основной, то тогда пропадает смысл выполнения независимого контура.



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Полный ответ на данный вопрос невозможен, т.к. в вопросе отсутствует ссылка на документы, требующие выполнения «собственного, независимого внешнего контура заземления, никак не связанного с основным контуром заземления здания».

Наиболее современными и полными документами по вопросам заземления и уравнивания потенциалов в установках с чувствительным к воздействию электромагнитных помех оборудованием и с медицинским оборудованием являются стандарты МЭК:

– IEC 60364-4-44, 2006: Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances («Электроустановки зданий. Часть 4-44: Защита в целях безопасности – Защита от искажений напряжения и электромагнитных возмущений», 2006 г. На русском языке отсутствует);

– IEC 60364-7-710, 2002: Electrical installations of buildings – Part 7-710: Requirements for special installa-tions or location – Medical installations («Электроустановки зданий – Часть 7-710: Требования к специальным установкам и помещениям – Медицинские установки». Российский стандарт-аналог находится в стадии утверждения).

Ни в одном из этих стандартов случай выполнения «собственного, независимого внешнего контура заземления, никак не связанного с основным контуром заземления здания» не рассматривается.

Стандарт МЭК 60364-4-44 содержит требование о том, что все заземлители, относящиеся к зданию, т.е. заземлители защитного заземления, функционального заземления и молниезащиты, должны быть соединены между собой. Соединение должно быть выполнено не менее чем в одной точке. Одной из этих точек должна быть главная заземляющая шина (ГЗШ). Это требование распространяется не только на устройства защитного заземления, но и на устройство функционального заземления, т.е. на заземление в цепи рабочего сигнала, примером которого стандарт называет использование земли в качестве обратного провода в установках связи. Это означает, что заземляющее устройство повторного защитного заземления на вводе в электроустановку здания должно быть одновременно использовано для всех видов оборудования здания. При наличии обоснованных требований изготовителей следует применять специальные меры: волоконно-оптические кабели, разделительные трансформаторы с обязательной при этом двойной изоляцией чувствительного оборудования или другие меры, обеспечивающие эффективную защиту людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции.

Опыт работы ОАО «НИИ Проектэлектромонтаж» в области технической документации инофирм и стандартов МЭК на медицинское оборудование свидетельствует о том, что требования о выполнении «независимого» заземлителя обычно сводятся к выполнению дополнительного заземлителя повторного заземления с пониженным сопротивлением, например 2 Ом, присоединяемого, как правило, к ГЗШ, но иногда, например для рентгеновских установок с большими токами утечки, непосредственно к заземляющему зажиму рентгеновской установки. Иногда такой заземлитель необходимо размещать вне зоны влияния естественных и искусственных заземлителей электроустановки здания, что всегда является особым случаем и должно рассматриваться при проектировании с участием представителей соответствующей фирмы.

На русском языке имеются пособия по выполнению заземления и уравнивания потенциалов в электроустановках медицинских помещений и установках оборудования информационных технологий, выполненные УИЦ «НИИ Проектэлектромонтаж» (АНО) (e-mail: niip@tst.ru) на основании стандарта МЭК 60364-7-710 и одной из первых редакций проекта стандарта МЭК 60364-4-44).



Сергей Иванов,
ИП

Прошу разъяснить схему подключения розетки на щитке физиокабинета в лечебных учреждениях. В соответствии с ОСТ 42-21-16-86 ССБТ «3.18. В каждой процедурной кабине для подключения аппаратов на высоте 1,6 м от уровня пола устанавливается пусковой щиток. Щиток выполняется из электроизоляционного материала, на котором устанавливается пускатель типа ПНВ-30 или ПВ-30, 1 штепсельная розетка и 4 клеммы лабораторного типа в изоляционной оправе. Две из клемм (левые) предназначены

для подключения аппарата к источнику тока, остальные – для защитного заземления аппарата. При этом 3-я из клемм соединена с землей через рубильник (или пускатель) и служит для заземления стационарно установленного аппарата, а 4-я соединена с землей постоянно и служит для заземления переносных (портативных) аппаратов, включаемых в штепсельную розетку. Клемма заземления должна быть окрашена в другой цвет».

Розетка подключается вместе с клеммами через отключающий аппарат или напрямую к групповому проводнику?



Александр Шалыгин,
начальник ИКЦ Московского института энергобезопасности и энергосбережения

ОСТ 42-21-16-86 ССБТ «Отделения, кабинеты физиотерапии. Общие положения» в части требований к электрооборудованию устарел и не соответствует требованиям ПУЭ 7-го изд. по обеспечению электробезопасности.

В соответствии с указаниями пункта 1.7.145 ПУЭ 7-го изд., не допускается включать коммутационные аппараты в цепи защитных проводников, поэтому подключать проводники защитного заземления через рубильник, как это указано в пункте 3.18 ОСТ 42-21-16-86, не допускается.

Одновременно сообщаем, что с 01.01.2008 г. вводится в действие национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 50571.28-2006 (МЭК 60364-7-710:2002) «Электроустановки зданий. Требования к специальным электроустановкам. Электроустановки медицинских помещений».

В соответствии с поправками к Федеральному закону «О техническом регулировании», введенными в действие с 11.05.2007 г., указанный стандарт пользуется приоритетом при подготовке технических регламентов, а до их введения будет являться документом прямого действия в соответствии с утвержденными списками.

В соответствии с требованиями указанного стандарта использование системы TN-C (четырехпроводная сеть), регламентированной ОСТ 42-21-16-86 для использования в медицинских помещениях, запрещается.



Артем Абрамов,
ПУ «Казаньэлектрощит»

Правомочно ли требование Энергосбыта выполнять заземление вторичной обмотки трансформатора тока только на клемме трансформатора тока, чтобы оно было видимым?

Мы считаем, что на основании п. 3.4.23 ПУЭ возможно от трансформатора тока до клеммника или испытательной коробки КИЗ IP20 выполнить соединение проводом белого цвета 2,4 мм^2 (рассматриваем 3 трансформатора тока, подключенных к счетчику или трем амперметрам) от каждого вывода трансформатора тока, а на клеммнике сделать перемычку между выводами И1 или И2 (в испытательной коробке перемычка выполняется вворачиванием винтов) и одним проводом с общей точки выполнить заземление желто-зеленым проводом. Перемычки на клеммнике могут быть стационарными, предусмотренными конструкцией клеммника, или проводом с армированным наконечником для двух проводов, то есть без разрыва цепи.



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Какие-либо требования коммерческих организаций, в том числе энергосбытовых, к другим организациям должны быть, во-первых, обоснованы ссылкой на действующие нормативно-технические документы; во-вторых, направлены через соответствующие уполномоченные органы.

Однозначно жесткое требование о заземлении вторичной обмотки трансформатора тока только на клемме трансформатора тока ничем не обосновано (см. п. 3.4.23 ПУЭ 6-го изд.). Более того, такое заземление осуществляется, как правило, на клеммнике ближайшего распределительного шкафа, поскольку такое выполнение позволяет осуществить контроль контактного соединения без отключения трансформатора тока и выделить (отсоединить) для проверки цепь только одной из вторичных обмоток трансформатора тока при сохранении в работе других.

Место заземления вторичной обмотки трансформаторов тока определяет проектная организация.



Борис Игнатьев,
АОЗТ «Тяжпромавтоматика»

Дайте, пожалуйста, ссылку на документ, регламентирующий установку или отсутствие коммутирующего устройства в нулевом рабочем проводнике для системы с глухозаземленной нейтралью. В ПУЭ четкое указание отсутствует. В зарубежной документации такие требования устанавливаются.



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Пункт 461.2 ГОСТ Р 50571.7-94 «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Отделение, отключение, управление» содержит указание: «В системе TN-S отделять или отключать рабочий нулевой проводник не требуется». «Не требуется» – значит, не обязательно, но возможно.

В соответствии с п. 1.7.82 ПУЭ нулевой рабочий проводник является токоведущей частью. Так как при отключении фазных проводников обесточивается, как правило, и нулевой рабочий проводник, то нормативно-технические документы не требуют его обязательного отключения.

Обычно необходимость установки коммутационного аппарата в нулевом рабочем проводнике определяется условиями эксплуатации. Например, тот же ГОСТ Р 50571.7-94 (п. 464.2) в местах, где существует опасность поражения электрическим током, требует отключать устройствами аварийного отключения все токоведущие проводники, в том числе и нулевой рабочий проводник; п. 7.1.21 ПУЭ требует отключать одновременно с фазным также и нулевой рабочий проводник при питании однофазных потребителей от многофазной питающей сети ответвлениями от ВЛ. Примером коммутационного устройства, отключающего также и нулевой рабочий проводник, являются штепсельные розетки. Для всех передвижных и мобильных установок, как правило, требуется отключение нулевого рабочего проводника одновременно с фазными проводниками питающего кабеля одним общим коммутационным аппаратом.



Александр Синев,
ОАО «Сумыоблэнерго»

Необходим ли монтаж заземляющего устройства у потребителя, если он присоединяется по системе TN-S (пятипроводная сеть) от другого потребителя, который уже имеет заземление?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)
Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Необходимо иметь в виду, что «заземляющее устройство у потребителя», о котором идет речь, является заземляющим устройством повторного заземления на вводе в электроустановку. Повторное заземление в системе TN, как правило, следует выполнять всегда. Отказ от его выполнения возможен только при обеспечении электробезопасности другими способами.

Повторное заземление выполняется для понижения напряжения на всех проводящих частях, связанных защитными проводниками с системой уравнивания потенциалов при помощи главной заземляющей шины (ГЗШ). Повторное заземление также понижает напряжение относительно земли на указанных проводящих частях при обрыве нулевого рабочего (N) проводника в системе TN-S или PEN–проводника в системе TN-C, и его рекомендуется выполнять для каждого потребителя.



Нурлан Фоменко,
РКГП «Дирекция Административных зданий Правительства РК»

Согласно ГОСТ 10434-82 «Соединения контактные электрические», п. 2.1.12, к каждому болту (винту) плоского вывода или к штыревому выводу рекомендуется присоединять не более двух проводников. Конкретно на выводе автоматического выключателя ВА 52-39, $I_н$ = 400 А, подключено по два проводника сечением по 120 мм^2 с медными наконечниками. Соединения выполнены: контакт АВ – наконечник 1-го проводника, затем наконечник 2-го проводника. Правильно ли выполнено соединение?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Количество и сечение проводников, присоединяемых к выводам автоматических выключателей, должны соответствовать технической документации завода-изготовителя на выключатели (номенклатурному каталогу или каталогу «Информэлектро») и могут зависеть от типа вывода аппарата (плоский, штыревой, резьбовой и т.д), исполнения аппарата (стационарное, выдвижное), температуры окружающей среды, пространства в комплектном устройстве, в котором установлен аппарат, и др. Документацией Ульяновского завода «Контактор», имеющейся у нас, для автоматического выключателя ВА 52-39, 400 А, предусмотрено подключение к одному зажиму двух жил сечением 120 мм^2 в качестве одного из возможных вариантов при температуре 45^{O}С.



Александр Кулонов,
ООО «Энергопроект»

Согласно РТМ 42.80, электроснабжение оперблоков осуществляется через разделительный трансформатор. Корпуса электрооборудования должны быть подключены к контуру заземления отдельным проводником сечением 10 мм^2. Далее проводник присоединяется к PE-шине системы TN-C-S. В одном из номеров журнала «Новости ЭлектроТехники» Людмила Казанцева ответила, что все корпуса электроприемников, питающихся от одного разделительного трансформатора, должны быть соединены между собой проводником уравнивания потенциалов, не имеющим соединения с землей (местная незаземленная система уравнивания потенциалов). Как быть с блуждающими токами? И с требованием РТМ 42.80 (Приложение 1)?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Ответ был дан с учетом только аспекта электробезопасности при применении разделительного трансформатора как меры реализации защиты от поражения электрическим током, называемой «защитное электрическое разделение цепей» в соответствии с п. 1.7.85 ПУЭ.

Проблема возникновения блуждающих токов выходит за рамки главы 1.7 ПУЭ и вышеупомянутого ответа. Возможно, в рассматриваемом случае следует применить не общий трансформатор, а отдельные трансформаторы для каждого электроприемника, как это предусмотрено ПУЭ в качестве основного варианта, либо разделительный трансформатор,

используемый не в целях электробезопасности, а для защиты питающихся от него цепей при возмущениях в первичной цепи (в последнем случае требования п. 1.7.85 могут быть не обязательны, а для защиты от поражения электрическим током должна быть применена другая мера защиты из предусмотренных ПУЭ).

По вопросу соответствия РТМ 42.80 требованиям электробезопасности главы 1.7 ПУЭ следует обращаться к авторам РТМ 42.80.



Максим Жуков,
ЗАО «НовЭЗ»

В «Инструкции по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках» (СО 153-34.03.603-2003) в п. 2.4.27 говорится, что напряжение индикации указателей напряжения до 1000 В должно составлять не более 50 В. В ГОСТ 20493-2001 в пункте 5.8.4. указано, что напряжение индикации указателей напряжения до 1000 В должно составлять не более 90 В. Почему Инструкция противоречит ГОСТу и по какому напряжению индикации следует проводить эксплуатационные испытания?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Противоречия между упомянутой Инструкцией и требованиями ГОСТ 20493-2001 нет, поскольку стандарт не устанавливает порядок и условия применения указателей напряжения.

Значение напряжения индикации 50 В в упомянутой Инструкции принято как безопасное в помещениях без повышенной опасности. До освоения промышленностью указателей напряжения с напряжением индикации 50 В в электроустановках допускается использование указателей напряжения с напряжением индикации 90 В.



Антон Котляров,
ЗАО «Проектный институт «Ленводоканалпроект»

Стандартным замечанием Ростехнадзора и экспертных организаций является отсутствие в рабочих чертежах схемы системы уравнивания потенциалов и плана прокладки проводников уравнивания потенциалов. Аргументируется это ссылкой на п.2.9.3 ГОСТ 21.613-88, в котором сказано, что на планах расположения электрооборудования должны быть указаны магистрали заземления и зануления. Однако в рамках ПУЭ 7-го изд. термины «заземление», «зануление» и «уравнивание потенциалов» имеют самостоятельное значение и проводники уравнивания потенциалов не являются проводниками заземления и зануления. Технический циркуляр Ассоциации «Росэлектромонтаж» № 6/2004 от 16.02.04 (п. 11) предписывает дать в проектной документации указания по выполнению системы уравнивания потенциалов. Однако в нашем понимании указания – это то, что приводится в текстовом виде в разделе «Общие данные» рабочих чертежей без схем и планов.

Таким образом, получается, что требование о наличии в рабочих чертежах схемы системы уравнивания потенциалов и плана прокладки проводников уравнивания потенциалов неправомерно, или всё-таки существует документ, который регламентирует их выполнение в рабочих чертежах?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора

Требование Ростехнадзора и экспертных организаций о необходимости включения в состав рабочих чертежей прокладки проводников основной и дополнительных систем уравнивания потенциалов справедливо, несмотря на то, что документа, обязывающего это делать, не существует. Проводники системы уравнивания потенциалов предназначены для создания условий, обеспечивающих защиту людей от поражения электрическим током. Произвольное выполнение системы уравнивания потенциалов на основании текстовых указаний недопустимо.



Сергей Музыка,
ЗАО «Виско»

Разъясните, пожалуйста, вопрос о необходимости установки коммутационного аппарата на расстоянии не более 10 метров до счетчика.

ПУЭ, глава 1.5, п. 1.5.36: «Для безопасной установки и замены счетчиков в сетях напряжением до 380 В должна предусматриваться возможность отключения счетчика установленным до него на расстоянии не более 10 м коммутационным аппаратом или предохранителями. Снятие напряжения должно предусматриваться со всех фаз, присоединяемых к счетчику».

ПУЭ, глава 7.1, п. 7.1.64: «Для безопасной замены счетчика, непосредственно включаемого в сеть, перед каждым счетчиком должен предусматриваться коммутационный аппарат для снятия напряжения со всех фаз, присоединенных к счетчику.

Отключающие аппараты для снятия напряжения с расчетных счетчиков, расположенных в квартирах, должны размещаться за пределами квартиры».

СП 31-110-2003, п. 16.10: «Перед счетчиком, непосредственно включенным в сеть, на расстоянии не более 10 м по длине проводки для безопасной замены счетчика должен быть установлен коммутационный аппарат или предохранитель, позволяющий снять напряжение со всех фаз, присоединенных к счетчику».

Чем руководствовались при регламентации данной длины? Получается, что, если счетчик

находится в квартире, а от квартирного щита до этажного, к примеру, 11 метров, то необходима установка распределительного щита с коммутационным аппаратом, что влечет за собой дополнительные расходы.

В главе 7.1 ПУЭ эта длина не регламентирована.



Александр Шалыгин,
начальник ИКЦ Московского института энергобезопасности и энергосбережения

Как следует из поставленного вопроса, необходимость установки коммутационного аппарата перед квартирным счетчиком для его безопасной замены сомнений не вызывает.

Что касается расстояния от счетчика до коммутационного аппарата до 10 м по длине проводки, то это значение определено из практических соображений на основе анализа технических решений, принимаемых для объектов строительства. Вопрос о необходимости увеличения этого расстояния до настоящего времени не возникал.

Для частного случая это расстояние может быть увеличено в разумных пределах при соответствующих обоснованиях.

Заключение на такое решение может быть получено у разработчика СП 31-110-2003 и главы 1.7 ПУЭ – Ассоциации «Росэлектромонтаж». При наличии положительного заключения разработчика нормативного документа надзорные органы, как правило, не оказывают препятствий при его реализации.



Петр Чупов,
АИСТЕЛ

Для обеспечения электропитания контейнера выполнена воздушная линия с одной промежуточной опорой и двумя пролетами по 22 м. Бронированный кабель ВБбШв 5×10 подвешен на стальном тросе ЛК-0-6,2. Один конец троса закреплен на здании, откуда берется питание, другой закреплен на металлической башне высотой 80 м, стоящей над контейнером. Трос связан при помощи проводников ПВЗ-10 с арматурой промежуточной опоры и конструкцией башни.

Есть ли необходимость устраивать заземлители для заземления несущего троса на выходе кабеля из здания? И требуется ли заземлять броню кабеля на выходе из здания и на вводе в контейнер?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Выполнение специальных заземлителей для заземления троса в рассматриваемом случае не требуется. Необходимо обеспечить надежность электрического контакта троса с конструкцией, к которой трос прикреплен на здании, и непрерывность электрической цепи, присоединяющей эту конструкцию к заземлителю повторного заземления на вводе в электроустановку здания или к главной заземляющей шине (ГЗШ) электроустановки здания, к которой этот заземлитель присоединен.

На выходе из здания броню кабеля необходимо присоединить к основной системе уравнивания потенциалов здания (к ГЗШ), на вводе в контейнер – к ГЗШ контейнера, если ГЗШ имеется, или к шине PE вводного устройства контейнера, если для устройства системы уравнивания потенциалов внутри контейнера использована шина PE. Если в контейнере находится оборудование, требующее защиты от грозовых перенапряжений, броня кабеля должна быть присоединена к ГЗШ контейнера через ограничитель перенапряжения (разрядник) того же класса, что и ограничитель перенапряжения цепи питающего напряжения.



Ирина Моисеева,
«Климат проф»

Помогите, пожалуйста, разобраться с вопросом заземления передвижных и стационарных дизельных электростанций на объектах связи. На данных объектах обычно выполнен существующий контур рабоче-защитного заземления сопротивлением не более 4 Ом, заведенный на главную заземляющую шину здания ГЗШ. Можно ли заземлить ДЭС, установленную в контейнере или отдельностоящем здании, путем присоединения при помощи стальной полосы или провода к ГЗШ здания, в том случае, если заказчик не хочет организовывать отдельный контур заземления для ДЭС из соображений экономии?

Аналогичный вопрос возникает при решении проблемы заземления технологического оборудования базовых станций сотовой связи, установленных в контейнерах. Возможно ли заземление оборудования, установленного в контейнере, от шины заземления, находящейся в расположенном рядом здании связи, откуда подводится питание к оборудованию?



Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

1. В настоящее время в России отсутствует государственный нормативный документ, регламентирующий затронутые вами вопросы.

При использовании дизельной электростанции в качестве источника питания объектов связи, параллельного или резервного основному источнику, по нашему мнению, следует пользоваться рекомендациями стандарта МЭК 60364-4-44 «Электроустановки зданий. Часть 4-44. Защита в целях безопасности. Защита от искажений напряжения и электромагнитных искажений, п. 444. Меры защиты от электромагнитных воздействий.» (IEC 60364-4-44 Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protec-tion for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances. Clause 444. Measu-res against electromagnetic influences. На русском языке отсутствует). Стандарт распространяется на уста-

новки чувствительного к помехам оборудования, в т.ч. на установки связи.

В соответствии с рекомендациями стандарта, нейтрали источников питания (в данном случае – трансформатора основного питания и генератора дизельной электростанции) должны быть соединены между собой изолированным проводником (PEN-проводником) и присоединены к одному общему заземляющему устройству, равноудаленному от обеих нейтралей. Равноудаленное расстояние отсчитывается от точки соединения ветвей PEN-проводника, отходящих к каждому источнику питания. Соединение выполняется на вводно-распределительном щите. В точке соединения PEN-проводник разделяется на нулевой рабочий (N) и нулевой защитный (PE) проводники (шины). PE-шина присоединяется к ГЗШ. Заземлитель присоединяется к ГЗШ. Внутри здания, в котором размещена электроустановка (установка электросвязи), распределение электроэнергии должно быть выполнено по системе (TN-S). После разделения PEN-проводника на N- и PE-проводники их объединение не допускается. Повторное заземление PE-проводника может выполняться многократно.

2. Присоединение открытых проводящих частей оборудования связи, установленного в контейнере, к нейтрали источника питания должно выполняться к PE-шине щита, от которого питается это оборудование, с помощью PE-проводника, входящего в питающий кабель. На вводе в контейнер рекомендуется выполнение повторного заземления в соответствии с п. 1.7.61 ПУЭ, сопротивление которого не нормируется. Если контейнер установлен в непосредственной близости (вплотную) к зданию и в любом случае исключена возможность нарушения непрерывности цепи PE-проводника питающей линии, повторное заземление можно не выполнять.



Александр Мозгалев,
ЗАО СМНУ-70

В ПУЭ 6-го изд., в п. 1.7.79, ясно определялась величина тока однофазного замыкания на землю: чтобы при замыкании на корпус или на нулевой защитный проводник возникал ток КЗ, превышающий не менее чем в 3 раза номинальный ток теплового расцепителя, в 1,4 раза уставку мгновенного расцепителя для автоматов с номинальным током менее 100 А, в 1,25 раза уставку мгновенного расцепителя для автоматов с номинальным током более 100 А. А какова должна быть кратность этого тока в соответствии с ПУЭ 7-го изд.?



Виктор Шатров,
референт Ростехнадзора
Людмила Казанцева,
УИЦ НИИ Проектэлектромонтаж (АНО)

Первичным критерием электробезопасности людей при прикосновении к частям, оказавшимся под напряжением в результате повреждения изоляции в электроустановке (косвенное прикосновение), является сочетание напряжения прикосновения и продолжительности его воздействия на человека. В ПУЭ 7-го изд. в соответствии с международным стандартом МЭК 60364-4-41, действующим с 1980 г., в качестве показателя защиты людей от поражения электрическим током при косвенном прикосновении нормируется значение времени срабатывания защитного аппарата в зависимости от ожидаемого значения напряжения прикосновения, а не кратность тока короткого замыкания поврежденной цепи. Ожидаемое значение напряжения прикосновения не должно превышать 50 В в помещениях без повышенной опасности и 25 В в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных.

Значение тока однофазного короткого замыкания на нулевой защитный проводник или на открытые проводящие части (корпус или др.) не нормируется по следующим причинам. ГОСТ Р 50345 в зависимости от типа мгновенного расцепления устанавливает для автоматических выключателей следующие стандартные диапазоны токов мгновенного расцепления:

тип B – свыше 3 I_n до 5 I_n;
тип C – свыше 5 I_n до 10 I_n;
тип D – свыше 10 I_n до 50 I_n.

При протекании в главной цепи автоматического выключателя электрического тока, значение которого равно значению верхней границы диапазона токов мгновенного расцепления, стандарт устанавливает время расцепления менее 0,1 с. При токе, равном значению нижней границы, расцепление выключателя в соответствии с ГОСТ должно произойти за промежуток времени более 0,1 с, но менее 45 с или 90 с (тип B), менее 15 с или 30 с (тип C) и менее 4 с или 8 с (тип D). При значениях тока короткого замыкания, находящихся между граничными значениями токов мгновенного расцепления каждого диапазона, отключение защищаемой цепи может произойти в течение любого промежутка времени, находящегося в пределах соответствующего диапазона времени расцепления, значение которого определяется индивидуальной времятоковой характеристикой выключателя, в то время как безопасное время отключения при напряжении, например, 220 В должно быть не более 0,4 с для помещений без повышенной опасности (таблица 1.7.1 ПУЭ 7-го изд.) и не более 0,2 с для помещений с повышенной опасностью. Из приведенного следует, что нормирование кратности тока однофазного короткого замыкания не только не обеспечивает требований электробезопасности, но и практически невозможно.

Следует отметить, что и во время разработки ПУЭ 6-го изд. нормирование 3-кратного тока не могло обеспечить защиту людей при косвенном прикосновении. Это значение тока не предусматривалось технической документацией на применяемые в то время автоматические выключатели (например, АК 63, АП 50, АЕ1000, АЕ 2000), а время отключения при токе 5–7 I_n предусматривалось равным 5–25 с (Каталог Информэлектро «Автоматические выключатели на номинальный ток до 100 А», 1992 г.). Нормирование кратности тока было принято в ПУЭ до определенного времени ввиду отсутствия уточненных данных международных исследований уровней воздействия электрического тока на тело человека, а также по экономическим соображениям.